COMPTES RENDUS

HEBDOMADAIRES

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.



PARIS. — IMPRIMERIE GAUTHIER-VILLARS, QUAI DES GRANDS-AUGUSTINS, 55.

COMPTES RENDUS

HEBDOMADAIRES

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES

PUBLIÉS,

CONFORMÉMENT A UNE DÉCISION DE L'ACADÉMIE

En date du 13 Juillet 1835,

PAR MM. LES SECRÉTAIRES PERPÉTUELS.

TOME CENT TRENTIÈME.

JANVIER — JUIN 1900.



PARIS,

GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE

DES COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES,

Quai des Grands-Augustins, 55.

1900

ÉTAT DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES

AU 1er JANVIER 1900.

SCIENCES MATHÉMATIQUES.

SECTION Ire. — *Géométrie.*

Messieurs:

HERMITE (Charles) (G. O. ✻).
JORDAN (Marie-Ennemond-Camille) (O. ✻).
DARBOUX (Jean-Gaston) (C. ✻).
POINCARÉ (Jules-Henri) (O. ✻).
PICARD (Charles-Émile) ✻.
APPELL (Paul-Émile) (O. ✻).

SECTION II. — *Mécanique.*

LÉVY (Maurice) (O. ✻).
BOUSSINESQ (Valentin-Joseph) ✻.
DEPREZ (Marcel) (O. ✻).
SARRAU (Jacques-Rose-Ferdinand-Émile) (C. ✻).
LÉAUTÉ (Henry) (O. ✻).
SEBERT (Hippolyte) (C. ✻).

SECTION III. — *Astronomie.*

FAYE (Hervé-Auguste-Étienne-Albans) (G. C. ✻).
JANSSEN (Pierre-Jules-César) (C. ✻).
LŒWY (Maurice) (C. ✻).
WOLF (Charles-Joseph-Étienne) (O. ✻).
CALLANDREAU (Pierre-Jean-Octave) ✻.
RADAU (Jean-Charles-Rodolphe).

SECTION IV. — *Géographie et Navigation.*

BOUQUET DE LA GRYE (Jean-Jacques-Anatole) (C. ✻).
GRANDIDIER (Alfred) (O. ✻).
BUSSY (Marie-Anne-Louis DE) (G. O. ✻).
BASSOT (Jean-Léon-Antonin) (O. ✻).
GUYOU (Émile) (O. ✻).
HATT (Philippe-Eugène) (O. ✻).

Section V. — *Physique générale.*

Messieurs :

Cornu (Marie-Alfred) (O. ✻).
Mascart (Éleuthère-Élie-Nicolas) (C. ✻).
Lippmann (Gabriel) (O. ✻).
Becquerel (Antoine-Henri) ✻.
Potier (Alfred) (O. ✻).
Violle (Louis-Jules-Gabriel) (O. ✻).

SCIENCES PHYSIQUES.

Section VI. — *Chimie.*

Troost (Louis-Joseph) (O. ✻).
Gautier (Émile-Justin-Armand) (O. ✻).
Moissan (Henri) (O. ✻).
Grimaux (Louis-Édouard) (O. ✻).
Ditte (Alfred) ✻.
Lemoine (Georges) (O. ✻).

Section VII. — *Minéralogie.*

Fouqué (Ferdinand-André) (O. ✻).
Gaudry (Jean-Albert) (O. ✻).
Hautefeuille (Paul-Gabriel) (O. ✻).
Bertrand (Marcel-Alexandre) ✻.
Lévy (Auguste-Michel) (O. ✻).
Lapparent (Albert-Auguste de) ✻.

Section VIII. — *Botanique.*

Chatin (Gaspard-Adolphe) (O. ✻).
Van Tieghem (Philippe-Édouard-Léon) (O. ✻).
Bornet (Jean-Baptiste-Édouard) ✻.
Guignard (Jean-Louis-Léon) ✻.
Bonnier (Gaston-Eugène-Marie) ✻.
Prillieux (Édouard-Ernest) (O. ✻).

SECTION IX. — *Économie rurale.*

Messieurs :

SCHLŒSING (Jean-Jacques-Théophile) (C. ✻).
CHAUVEAU (Jean-Baptiste-Auguste) (C. ✻).
DEHÉRAIN (Pierre-Paul) (O. ✻).
DUCLAUX (Pierre-Émile) (C. ✻).
MUNTZ (Charles-Camille) (O. ✻).
ROUX (Pierre-Paul-Émile) (C. ✻).

SECTION X. — *Anatomie et Zoologie.*

BLANCHARD (Charles-Émile) (O. ✻).
LACAZE-DUTHIERS (Félix-Joseph-Henri DE) (C. ✻).
EDWARDS (Alphonse MILNE-) (O. ✻).
RANVIER (Louis-Antoine) (O. ✻).
PERRIER (Jean-Octave-Edmond) (O. ✻).
FILHOL (Antonin-Pierre-Henri) (O. ✻).

SECTION XI. — *Médecine et Chirurgie.*

MAREY (Étienne-Jules) (C. ✻).
BOUCHARD (Charles-Jacques) (C. ✻).
GUYON (Jean-Casimir-Félix) (O. ✻).
POTAIN (Pierre-Carl-Édouard) (C. ✻).
ARSONVAL (Arsène D') (O. ✻).
LANNELONGUE (Odilon-Marc) (O. ✻).

SECRÉTAIRES PERPÉTUELS.

BERTRAND (Joseph-Louis-François) (G. O. ✻), pour les Sciences mathématiques.

BERTHELOT (Marcelin-Pierre-Eugène) (G. C. ✻), pour les Sciences physiques.

ACADÉMICIENS LIBRES.

Messieurs :

DAMOUR (Augustin-Alexis) (O. ✻).
FREYCINET (Charles-Louis DE SAULSES DE) (O. ✻).
HATON DE LA GOUPILLIÈRE (Julien-Napoléon) (C. ✻).
JONQUIÈRES (Vice-Amiral Jean-Philippe-Ernest DE FAUQUE DE) (G. O. ✻).
CAILLETET (Louis-Paul) (O. ✻).
BISCHOFFSHEIM (Raphaël-Louis) ✻.
BROUARDEL (Paul-Camille-Hippolyte) (C. ✻).
LAUSSEDAT (Aimé) (C. ✻).
CARNOT (Marie-Adolphe) (O. ✻).
ROUCHÉ (Eugène) (O. ✻).

ASSOCIÉS ÉTRANGERS.

KELVIN (Sir William Thomson, lord) à Glasgow (G. O. ✻).
LISTER (Sir John), à Londres.
NORDENSKIÖLD (Nils-Adolf-Érik, baron) (C. ✻), à Stockholm.
NEWCOMB (Simon) (O. ✻), à Washington.
VIRCHOW (Rudolph-Ludvig-Carl) (C. ✻), à Berlin.
N. . . . .
N. . . . .
N. . . . .

CORRESPONDANTS.

Un décret du 24 juin 1899 a porté le nombre des Correspondants, tant nationaux qu'étrangers, de cent à cent seize.

NOTA. — Le règlement du 13 novembre 1899 donne à chaque Section le nombre de Correspondants suivant.

SCIENCES MATHÉMATIQUES.

SECTION Ire. — *Géométrie* (10)

SALMON (George), à Dublin.
FUCHS (Immanuel-Lazarus), à Berlin.
SCHWARTZ (Hermann-Amandus), à Grünewald, près Berlin.
KLEIN (Félix), à Gœttingue.

Messieurs :

CREMONA, à Rome.
MÉRAY (Hugues-Charles-Robert) ☼, à Dijon.
N. . . . .
N. . . . .
N. . . . .
N. . . . .

SECTION II. — *Mécanique* (10).

BELTRAMI (Eugène), à Rome.
SIRE (Georges-Étienne) ☼, à Besançon.
CONSIDÈRE (Armand-Gabriel), (O. ☼), à Quimper.
AMSLER (Jacob), à Schaffhouse.
VALLIER (Frédéric-Marie-Emmanuel), ☼, à Lorient.
N. . . . .
N. . . . .
N. . . . .
N. . . . .
N. . . . .

SECTION III. — *Astronomie* (16).

STRUVE (Otto-Wilhelm) (G. O. ☼), à Carlsruhe.
LOCKYER (Joseph-Norman), à Londres.
HUGGINS (William), à Londres.
STEPHAN (Jean-Marie-Édouard), (O. ☼), à Marseille.
HALL (Asaph) ☼, à Washington.
SCHIAPARELLI (Jean-Virginus), à Milan.
LANGLEY (Samuel), à Washington.
AUWERS (Arthur), à Berlin.
RAYET (Georges-Antoine-Pons) (O. ☼), à Bordeaux.
PERROTIN (Henri-Joseph-Anastase) ☼, à Nice.
BACKLUND (Oscar), à Poulkova.
GILL (David), au Cap de Bonne-Espérance.
VAN DE SANDE BAKHUYZEN (O. ☼), à Leyde.
CHRISTIE (William-Henry), à Greenwich (Angleterre).
N. . . . .
N. . . . .

Section IV. — *Géographie et Navigation* (10).

Messieurs :

DAVID (Abbé Armand) ✻, missionnaire en Chine.
TEFFÉ (le baron DE), à Rio-de-Janeiro.
SERPA PINTO (Alexandre-Albert DA ROCHA DE), ✻, à Lisbonne.
GRIMALDI (Albert-Honoré-Charles) (G. C. ✻), prince souverain de Monaco, à Monaco.
TILLO (Alexis DE) (C. ✻), à Saint-Pétersbourg.
NANSEN (Fridtjof), (C. ✻), à Bergen (Norvège).
HELMERT (Frédéric-Robert), à Potsdam.
COLIN (le R. P.), à Tananarive.
GALLIENI (le général), (G. O. ✻).
N. . . . .

Section V. — *Physique générale* (10).

STOKES (George-Gabriel), à Cambridge.
CROVA (André-Prosper-Paul) ✻, à Montpellier.
RAYLEIGH (John-William, Baron) (O. ✻), à Essex.
AMAGAT (Émile-Hilaire) ✻, à Bourg.
RAOULT (François-Marie) (O. ✻), à Grenoble.
ROWLAND (Henry-Augustin) (O. ✻), à Baltimore.
BICHAT (Ernest-Adolphe) ✻, à Nancy.
BLONDLOT (René-Prosper) ✻, à Nancy.
N. . . . .
N. . . . .

SCIENCES PHYSIQUES.

Section VI. — *Chimie* (10).

WILLIAMSON (Alexander-Williams), à Londres.
LECOQ DE BOISBAUDRAN (Paul-Émile dit François) ✻, à Cognac.
REBOUL (Pierre-Edmond) (O. ✻), à Marseille.
BAEYER (Adolf DE), à Munich.
HALLER (Albin) ✻, à Nancy.
ROSCOÉ (Sir Henry-Enfield) (O. ✻), à Londres.

Messieurs :

CANNIZZARO (Stanislas) (O. ☼), à Rome.
RAMSAY (William) (O. ☼), à Londres.
MENDELEEFF (Dmitry-Iwanowitch), à Saint-Pétersbourg.
N. . . . .

SECTION VII. — *Minéralogie* (10).

GOSSELET (Jules-Auguste-Alexandre) ☼, à Lille.
SUESS (Édouard), à Vienne.
GEIKIE (Archibald), à Londres.
RICHTHOFEN (Ferdinand Freiherr VON), à Berlin.
TSCHERMAAK (Gustave), à Vienne.
DEPÉRET (Charles-Jean-Julien), à Lyon.
ROSENBUSCH (Harry), à Heidelberg.
N. . . . .
N. . . . .
N. . . . .

SECTION VIII. — *Botanique* (10).

HOOKER (Sir Jos. Dalton), à Kew, près Londres.
CLOS (Dominique) ☼, à Toulouse.
SIRODOT (Simon) (O. ☼), à Rennes.
GRAND'EURY (François-Cyrille) ☼, à Saint-Étienne.
AGARDH (Jacob-Georg), à Lund.
MILLARDET (Alexis) ☼, à Bordeaux.
MASTERS (Maxwel-Tylden), à Londres.
TREUB (Melchior) ☼, à Buitenzorg, près Batavia (Java).
N. . . . .
N. . . . .

SECTION IX. — *Économie rurale* (10).

MARÈS (Henri-Pierre-Louis) ☼, à Montpellier.
LAWES (Sir John-Bennet), à Rothamsted, Saint-Albans station (Herfortshire).
GILBERT (Joseph-Henry), à Rothamsted, Saint-Albans station (Herfortshire).
LECHARTIER (Georges-Vital), à Rennes.

Messieurs :

HOUZEAU (Auguste) (O. ✻), à Rouen.
ARLOING (Saturnin) (O. ✻), à Lyon.
PAGNOUL (Aimé), à Arras.
GAYON (Léonard-Ulysse), à Bordeaux.
N. . . . .
N. . . . .

SECTION X. — *Anatomie et Zoologie* (10).

AGASSIZ (Alexandre) (O. ✻), à Cambridge (États-Unis).
FABRE (Jean-Henri) ✻, à Sérignan (Vaucluse).
MARION (Antoine-Fortuné) ✻, à Marseille.
KOWALEWSKI (Alexandre), à Saint-Pétersbourg.
SABATIER (Armand) ✻, à Montpellier.
RETZIUS (Gustave), à Stockholm.
BERGH (Ludwig-Rudolph-Sophus), à Copenhague.
LANKESTER (Edwin-Ray), à Londres.
LORTET (Louis) (O. ✻), à Lyon.
N. . . . .

SECTION XI. — *Médecine et Chirurgie* (10).

OLLIER (Louis-Xavier-Édouard-Léopold) (C. ✻), à Lyon.
LÉPINE (Jacques-Raphaël) (O. ✻), à Lyon.
HERRGOTT (François-Joseph) (O. ✻), à Nancy.
LAVERAN (Louis-Charles-Alphonse) ✻, à Montpellier.
ENGELMANN (Théodor-Wilhelm), à Berlin.
LEYDEN (Ernst VON), à Berlin.
MOSSO (Angelo), à Turin.
N. . . . .
N. . . . .
N. . . . .

COMPTES RENDUS

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU MARDI 2 JANVIER 1900,

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE LÉVY.

M. **Ph. Van Tieghem**, Président sortant, fait connaître à l'Académie l'état où se trouve l'impression des Recueils qu'elle publie, et les changements survenus parmi les Membres et les Correspondants pendant le cours de l'année 1899.

État de l'impression des Recueils de l'Académie au 1er janvier 1900.

Volumes publiés.

Comptes rendus des séances de l'Académie. — Le Tome CXXVI (1er semestre 1898) et le Tome CXXVII (2e semestre 1898) ont paru avec leurs Tables.

Les numéros de l'année 1899 ont été mis en distribution, chaque semaine, avec la régularité habituelle.

Mémoires de l'Académie. — Le Tome XLV a été mis en distribution au mois d'octobre dernier. Ce Tome renferme les Éloges de M. Yvon Villarceau, de Lavoisier, Poinsot et Cosson; un Mémoire de MM. de Lacaze-Duthiers et Delage intitulé : « Études sur les Ascidies des côtes de France. Faune des Cynthiadées de Roscoff et des côtes de Bretagne », et un Mémoire intitulé : « Écrit posthume de Descartes : *De solidorum elementis,* » publié avec traduction et notes par M. de Jonquières.

Changements survenus parmi les Membres depuis le 1er janvier 1899.

Membres décédés.

Section de Chimie : M. **Friedel**, décédé le 20 avril 1899.
Section de Botanique : M. **Naudin**, décédé le 19 mars 1899.

Membres élus.

Section de Chimie : M. **Lemoine**, élu le 4 décembre 1899.
Section de Botanique : M. **Prillieux**, élu le 8 mai 1899.
Section d'Économie rurale : M. **Roux**, élu le 30 janvier 1899.

Associés étrangers décédés.

Sir **Edward Frankland**, décédé le 9 août 1899.
M. **Bunsen**, décédé le 15 août 1899.

Associés étrangers à remplacer.

M. **Weierstrass**, décédé.
M. **Edward Frankland**, décédé.
M. **Bunsen**, décédé.

Changements survenus parmi les Correspondants depuis le 1er janvier 1899.

Correspondants décédés.

Section de Géométrie : M. **Lie** (**Sophus**), à Leipzig, décédé le 22 février 1899.

Section de Mécanique : M. **Riggenbach**, à Olten (Suisse), décédé le 25 juillet 1899.

Section de Physique : M. **Wiedemann**, à Leipzig, décédé le 24 mars 1899.

Section de Minéralogie : M. **Marsh**, à New-Haven (Connecticut), décédé le 18 mars 1899; M. **Matheron**, à Marseille, décédé en décembre 1899.

Section d'Anatomie et Zoologie : M. **Flower**, à Londres, décédé le 1er juillet 1899.

Section de Médecine et Chirurgie : Sir **James Paget**, à Londres, décédé en décembre 1899.

Correspondants élus.

Section de Géométrie : M. **Méray**, à Dijon, le 11 décembre 1899, en vertu du décret du 24 juin 1899.

Section de Géographie et Navigation : M. **Helmert**, à Berlin, le 6 mars, en remplacement de Sir Richards, décédé; Le Père **Colin**, à Tananarive, le 13 mars, en remplacement de M. Manen, décédé; le général **Gallieni**, le 26 décembre, en vertu du décret du 24 juin 1899.

Section de Chimie : M. **Mendeleeff**, à Saint-Pétersbourg, le 23 janvier, en remplacement de M. Kékulé, décédé.

Section de Minéralogie : M. **Rosenbusch**, à Heidelberg, le 11 décembre, en remplacement de M. Marsh, décédé.

Section d'Anatomie et Zoologie : M. **Lankester (E. Ray)**, à Londres, le 27 février, en remplacement de M. Loven, décédé; M. **Lortet (Louis)**, à Lyon, le 27 février, en remplacement de M. Steenstrup, décédé.

Correspondants à remplacer.

Section de Géométrie : M. **Lie (Sophus)**, à Leipzig, décédé.

Section de Mécanique : M. **Riggenbach**, à Olten (Suisse), décédé.

Section d'Astronomie : M. **Gould**, à Cambridge (États-Unis), décédé; M. **Souillart**, à Lille, décédé.

Section de Physique : M. **Wiedemann**, à Leipzig, décédé.

Section de Minéralogie : M. **Matheron**, à Marseille, décédé.

Section de Botanique : M. le baron **de Mueller**, à Melbourne, décédé; M. **Cohn**, à Breslau, décédé.

Section d'Économie rurale : M. le marquis **Menabrea**, à Rome, décédé; M. **Demontzey**, à Aix, décédé.

Section d'Anatomie et Zoologie : M. **Flower**, à Londres, décédé.

Section de Médecine et Chirurgie : Sir **James Paget**, à Londres, décédé.

Nota. — Le Règlement du 13 novembre 1899, — qui maintient le nombre de seize Correspondants à la Section d'Astronomie et attribue dix Correspondants à chacune des autres Sections, — laisse toute latitude aux différentes Sections pour la nomination des Correspondants aux nouvelles places créées par le Décret du 24 juin 1899.

MEMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. **Maurice Lévy**, en prenant place au fauteuil du Président, s'exprime comme il suit :

« Mes chers Confrères,

» Il semble qu'en cette année 1900, où vous serez visités par les sommités de la Science étrangère, c'était à l'une des sommités de notre Académie qu'il eût appartenu de la présider.

» C'est un modeste ancien que vous avez choisi.

» Donc, en me donnant, l'année dernière, vos unanimes suffrages, vous avez moins écouté la sévère raison que la très indulgente confraternité.

» Il me tenait à cœur de vous le rappeler et de vous en remercier, mes chers Confrères, très simplement, très brièvement, mais bien sincèrement.

» En cherchant comment je pourrais, de mon mieux, répondre au suprême honneur que vous m'avez fait, j'ai pensé que ce serait peut-être en essayant de présider selon un grand principe de Mécanique appelé le principe de la *moindre contrainte*.

» Je souhaiterais donc qu'au cours de cette année, personne ici, soit parmi les membres de l'Académie, soit parmi les savants qui ont accoutumé de suivre nos travaux, n'eût à s'imposer une contrainte ou une astreinte inutile.

» Deux choses suffisent pour cela : la première, que nous commencions toujours nos séances à l'heure réglementaire; ce sera d'autant plus expédient cette année que le public comprendra souvent des étrangers envers lesquels, citoyens d'une République, nous devrons observer cette vertu des Rois : l'exactitude; la seconde, qu'au cours de nos séances, notre attention,

qui est toujours très grande, veuille bien toujours se montrer aussi silencieuse qu'elle est grande.

» Le plus grand mécanicien de ce siècle, Robert Mayer, le célèbre créateur de la Thermodynamique, a, dit-on, soutenu que le silence parfait ne s'obtiendrait pas, même d'une assemblée qui siégerait au Paradis. Mais sur la terre d'ignorance où nous vivons, le silence est facile à une assemblée composée de savants, c'est-à-dire d'hommes qui savent mieux que les autres combien il leur reste à apprendre; combien, par conséquent, il leur est profitable d'écouter, de s'écouter mutuellement,

» Mes chers Confrères, si je me place sous l'invocation de la Mécanique c'est par vieille habitude d'esprit. Mais c'est en votre constante bienveillance que j'espère surtout. Voici dix-sept ans que je l'éprouve, avec une reconnaissance que je suis heureux de vous témoigner aujourd'hui. Je ne pensais pas alors que l'honneur d'être des vôtres pût jamais être dépassé pour moi. Il l'est pourtant et c'est encore de par vous.

» J'espère aussi en l'appui des deux colonnes inébranlables de l'Académie, nos deux illustres Secrétaires perpétuels; il ne me fera pas défaut.

» J'ai grand besoin de compter sur leur concours comme sur le vôtre, mes chers Confrères, pour pouvoir, sans trop d'inquiétude, m'asseoir à la place où vos bienveillants suffrages m'ont porté. »

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Sur l'anomalie du mouvement du périjove du satellite V de Jupiter.* Note de M. **O. Callandreau.**

« Les mesures sur le satellite V de Jupiter, obtenues avec la grande lunette de l'Observatoire Yerkes, que M. Barnard vient de publier dans le n° 472 de l'*Astronomical Journal*, font connaître avec assez de précision le mouvement du périjove du satellite et permettent de caractériser l'écart qui paraît exister entre le mouvement observé et le résultat déduit de la théorie.

» Je reproduis ici le Tableau naguère publié dans le *Bulletin astronomique* (t. XIV, 1897, p. 216) en vue de la comparaison de la théorie avec l'observation.

Rapport du mouvement du périjove au moyen mouvement diurne.

Diamètre polaire.	Aplatissement de Jupiter. $\frac{1}{17}$.	$\frac{1}{16}$.	$\frac{1}{15}$.
35″	0,00281	0,00334	0,00391
36	0,00245	0,00299	0,00358
37	0,00196	0,00253	0,00315

» M. Barnard trouve 2°,465 pour le mouvement du périjove; il en résulte pour le rapport au mouvement diurne (722°,6316) du satellite, le nombre 0,00341; il donne pour les diamètres de Jupiter 36″,112 et 38″,522, d'où l'aplatissement $\frac{1}{16,0}$. Il paraît donc que le mouvement observé du périjove est en excès d'environ $\frac{1}{9}$ sur le mouvement calculé.

» On peut se demander si le désaccord tient aux valeurs admises pour les diamètres. Sans entrer dans le détail, je me bornerai à observer que les diamètres obtenus avec l'héliomètre ou avec le micromètre à double image sont inférieurs de 1″ environ aux valeurs obtenues avec le micromètre filaire, mais que les aplatissements sont, d'autre part, plus petits en moyenne; de sorte que l'écart persiste.

» Il me paraît surtout intéressant de rapprocher cette anomalie de celle bien connue pour le périhélie de Mercure où l'excès est de $\frac{1}{13}$. On sait l'analogie qui existe entre le Soleil et Jupiter. Les deux anomalies qui ont lieu dans le même sens tendent à indiquer que la théorie est défectueuse en quelque point.

» La comparaison de la théorie avec les observations montre que dans l'expression connue du potentiel

$$V = f\left[\frac{M}{r} - \frac{3}{2}\frac{C-A}{r^3}\left(\cos^2\theta - \frac{1}{3}\right) + \ldots\right]$$

il faudrait augmenter un peu la différence C — A, dans le cas du Soleil et de Jupiter, relativement à ce que donnent les équations de Clairaut.

» Cette augmentation, interprétée par M. Asaph Hall (*Astr. Journal*, t. XIV, p. 49) dans le sens d'une modification de l'exposant de la loi d'attraction, pourrait peut être s'expliquer, sans toucher à la loi de Newton, en admettant que pour les corps tels que le Soleil et Jupiter, à la surface desquels l'observation a montré des fluides en mouvement relatif dans le voisinage de l'équateur, la résultante des forces au lieu d'être en chaque

point rigoureusement normale à la surface limite tend, vers l'équateur, à rapprocher les molécules de ce plan; la relation correspondant à l'hypothèse d'une surface libre se change en une inégalité, qui entraîne une valeur plus forte de C — A. Mais la difficulté est de préciser ce premier aperçu. »

ANATOMIE GÉNÉRALE. — *Sur l'activité plastique des cellules animales.* Note de M. L. Ranvier.

« J'ai été témoin, ces jours-ci, d'un fait expérimental assez curieux. Ayant chauffé progressivement jusqu'à 36°, dans une chambre humide, de la sérosité péritonéale du rat, contenant quelques bulles d'air, j'ai vu les cellules lymphatiques se diriger vers ces bulles et, arrivées à leur surface, s'y aplatir comme elles pourraient le faire sur un corps résistant. Ce phénomène se montre dans toute sa netteté entre 30° et 36°. Lorsqu'il s'est produit, si on laisse refroidir la préparation au-dessous de 21°, les cellules redeviennent globuleuses. Elles s'aplatissent de nouveau si l'on élève la température. Je désignerai cette propriété des cellules sous le nom d'*activité plastique*. Il s'agit là, en effet, d'un changement de forme dans lequel la cellule joue un rôle actif. C'est un phénomène vital. J'ai signalé le premier, je crois, l'aplatissement des cellules lymphatiques à la surface des corps résistants, mais je n'aurais pas cru que cet aplatissement pût se produire sur une bulle d'air. Il semble en résulter que les cellules ont une sensibilité exquise et des réactions motrices très délicates.

» Je vais maintenant donner des renseignements techniques à ceux qui voudront répéter cette expérience. J'éclaire et en même temps je chauffe la préparation avec une lampe électrique à ampoule dépolie de 50 bougies. En rapprochant plus ou moins cette lampe de la platine du microscope, on fait varier la température qu'indique un thermomètre placé à côté de la préparation. On peut se servir d'un microscope ordinaire; mais le microscope, dit *chimique*, où l'objectif est placé au-dessous de la platine, permet de régler plus facilement le chauffage.

» Pour faire la préparation, on met un petit nombre de grains de fécule sur une lame de verre. Au milieu d'eux on dépose une gouttelette de sérosité péritonéale recueillie au moyen d'une pipette chez un rat que l'on vient de sacrifier; puis on recouvre de la lamelle. Celle-ci est supportée par les plus gros grains de fécule. Il faut qu'entre la lame et la lamelle il

reste de l'air autour de la lymphe et que celle-ci en renferme quelques bulles. On borde à la paraffine. La sérosité péritonéale que l'on va examiner contient donc à côté des leucocytes des grains de fécule et des bulles d'air.

» J'ai dit comment se comportent les leucocytes à la périphérie des bulles d'air. Ils s'aplatissent également sur les grains de fécule. C'était à prévoir d'après les expériences déjà anciennes que j'ai rappelées un peu plus haut. »

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur la culture des lupins blancs.* Note de MM. **P.-P. Dehérain** et **E. Demoussy**.

« Il y a déjà quelques années, des ensemencements de lupins blancs, jaunes ou bleus, exécutés sur le champ d'expériences de Grignon, dans la Limagne d'Auvergne, et encore dans l'Yonne, chez un de nos correspondants, n'ont donné que des résultats médiocres, ou même ont complètement avorté.

» Pour déterminer les causes de ces échecs, et bien que cette espèce de légumineuse ait été l'objet de recherches nombreuses et intéressantes dues à MM. Nobbe, Hiltner, Liebscher, Salfeld, Stoklasa et autres, en Allemagne et en Autriche, et à MM. Bréal et Mazé en France, nous nous sommes engagés dans une série de recherches dont nous exposons aujourd'hui à l'Académie les premiers résultats.

» Les lupins prospèrent habituellement sur des terres siliceuses, et ont la réputation d'être calcifuges. Pour savoir si c'était en effet la présence de la faible quantité de calcaire qu'elles renferment qui rendait les terres énumérées plus haut incapables de porter ces plantes, nous avons, au printemps de 1897, semé des lupins blancs, dont nous nous occupons spécialement aujourd'hui, dans des sols de sable siliceux, pourvus d'engrais minéraux et divisés en plusieurs lots : le premier a été laissé sans carbonate de chaux, et aux lots suivants on a ajouté respectivement, pour 100^{gr} de sable, $0^{gr},5$, 1^{gr}, 5^{gr} et 10^{gr} de carbonate de chaux. Dans l'espoir de faire naître sur les racines des nodosités à bactéries fixatrices d'azote, nous avons ajouté à tous nos sols artificiels de la délayure d'une terre prise dans une plate-bande de jardin qui, depuis plusieurs années, porte de la luzerne.

» Cette inoculation ayant complètement échoué. nous avons fait venir d'Allemagne des flacons de nitragine; mais l'épandage du contenu de ces

flacons, dilué dans de l'eau tiède, n'a pas fait apparaître de nodosités sur les racines.

» Nos lupins ont vécu misérablement, ce qui prouve bien que sans intervention étrangère cette plante est incapable de fixer l'azote atmosphérique. Il est bien à remarquer que les lupins du sable pur n'ont pas été sensiblement meilleurs que ceux qui ont vécu dans le sable additionné de carbonate de chaux; les plantes avaient l'apparence chétive qu'elles présentent quand un aliment essentiel leur fait défaut; mais elles ont vécu, même en présence d'une quantité notable de calcaire; de telle sorte qu'il ne semble pas que ce soit à la présence de la chaux dans le sol, que soient dus les échecs constatés en grande culture à Grignon et ailleurs.

» En 1898, nous avons semé des lupins blancs en pleine terre dans une plate-bande de notre jardin du Muséum, formée par une ancienne terre maraîchère légèrement calcaire, encore riche en matière organique quoiqu'elle ne soit pas fumée régulièrement, et où végètent normalement des légumineuses variées, luzerne, trèfle, pois, haricots. Les lupins blancs n'ont que médiocrement réussi; les pieds malingres furent nombreux, mais quelques individus, au contraire, acquirent tout leur développement et mûrirent leurs graines. Deux d'entre eux, arrachés à la fin de juillet, pesaient, après dessiccation, $24^{gr},9$; c'est donc environ $12^{gr},4$ pour chacun d'eux; ils renfermaient 2,06 d'azote pour 100 de matière sèche, quantité notable, bien qu'inférieure aux 3,23 d'azote dosés dans une très bonne plante que M. Berthelot nous avait envoyée de la station de Chimie végétale de Meudon.

» Les lupins récoltés au Muséum présentaient de grosses nodosités jaunes, lisses, formant une couronne autour du collet; quelques autres nodosités plus petites étaient éparses sur les racines.

» Les grosses nodosités, fréquentes également sur quelques pieds qui ont réussi à Grignon, diffèrent de celles qu'on trouve sur les lupins provenant de terres favorables à leur végétation. Dans ce cas, les tubercules sont petits, fixés sans pédoncules sur les racines, y formant comme des chapelets à grains très espacés. Cette forme se rencontre sur les plantes de Meudon; nous l'avons retrouvée sur des lupins blancs d'une terre sablonneuse des environs de Rambouillet et d'une terre de Bretagne.

» Un grand nombre de pots à sable reçurent au printemps de 1898 des engrais minéraux non azotés, et des graines germées et inoculées suivant la méthode de M. Bréal, c'est-à-dire dont les radicelles étaient piquées avec une aiguille préalablement trempée dans une nodosité de luzerne.

» Cette inoculation réussit dans une certaine mesure; on obtint quelques pieds pesant 7^{gr} après dessiccation, mais contenant seulement 0,94 d'azote pour 100 de matière sèche; un pied renferme donc 65^{mgr} d'azote, et, comme une graine de lupin n'en contient que 22^{mgr}, l'intervention de l'azote atmosphérique est évidente. Nous retrouvons donc ici les faits constatés il y a dix ans par M. Bréal; les bactéries de la luzerne font naître des nodosités sur le lupin blanc et ces bactéries y travaillent au profit de la légumineuse, mais avec une médiocre activité puisque la plante présente une teneur en azote qui n'est que le tiers de celle qu'on trouve dans un lupin bien venant dans un sol qui lui convient.

» Quelques-uns de nos pots de sable avaient reçu des graines non inoculées; plusieurs plantes qui en étaient issues ne tardèrent pas à périr; mais d'autres survécurent, elles portaient sur leurs racines de grosses nodosités dont les germes avaient, sans doute, été apportés par le vent. Dans un de ces vases, les deux lupins blancs récoltés pesaient ensemble, après dessiccation, $8^{gr},7$; ils ne renfermaient que 0,74 d'azote pour 100 de matière sèche. On trouvait donc dans les deux plantes réunies 64^{mgr} d'azote, les deux graines en contenaient 44^{mgr}; la fixation de l'azote par l'intermédiaire des bactéries des grosses nodosités est donc très faible et nullement en rapport avec les dimensions de ces nodosités.

» L'apparition de tubercules sur des racines non inoculées soulevait la question de leur origine; l'absence de nodosités sur les lupins de 1897 semblait bien montrer que les germes des bactéries productrices de nodosités ne se trouvent pas sur les graines elles-mêmes. Pour s'en assurer plus complètement, on sema, au printemps de 1899, dans du sable préalablement calciné, des graines qui avaient séjourné quelque temps dans du bichlorure de mercure au millième (pots 1 et 2), et d'autres qui, au contraire, ne furent pas stérilisées (3 et 4). A la récolte, on trouva des nodosités sur les racines des deux séries de plantes. On est donc en droit de conclure que ce ne sont pas les graines qui apportent les germes de ces tubercules.

» Trois des vases ensemencés en 1899 ne reçurent aucune inoculation; un autre, le n° 4, fut inoculé un peu tardivement au moyen d'une délayure de nodosités de vesce velue; les engrais minéraux furent les mêmes pour les quatre vases.

» Le pot n° 1 porte deux plantes; au moment de la récolte, à la fin de juin, elles sont chétives; elles ont perdu beaucoup de feuilles; elles ont fleuri et formé des gousses, mais paraissent épuisées; leurs racines, très

longues, descendent jusqu'au fond du pot et y serpentent. A la partie supérieure de ces racines apparaissent des nodosités énormes, jaunes, mamelonnées, de la dimension d'une forte framboise. Apres dessiccation, les deux plantes réunies pèsent seulement $5^{gr},35$; on y dose 1,24 d'azote pour 100; c'est donc seulement 66^{mgr} d'azote dans les deux plantes; comme les deux graines dont elles sont issues en renfermaient 44^{mgr}, la fixation d'azote atmosphérique est très faible.

» On observe des faits analogues pour le pot n° 2; mêmes nodosités, même teneur en azote.

» Les lupins du vase n° 3 proviennent de graines non stérilisées. Bien qu'ils portent d'énormes nodosités, tellement singulières qu'on en a pris une photographie que nous avons l'honneur de mettre sous les yeux de l'Académie, on n'y dose que 0,84 d'azote pour 100 de matière sèche; les deux plantes, pesant ensemble $7^{gr},6$ après dessiccation, ne renferment que 64^{mgr} d'azote.

» A voir l'aspect de ces plantes souffreteuses, qui ont perdu toutes leurs feuilles inférieures, on a le sentiment que les bactéries qui ont construit les énormes tubercules de la racine se comportent surtout comme des parasites et ne donnent à la légumineuse hospitalière qu'une bien faible assistance. Peut-être est-ce précisément parce qu'elles travaillent très mal, pour la plante qui les porte, qu'elles réussissent à former des nodosités aussi volumineuses.

» Les tubercules de ces trois pots sont donc très différents de ceux qui garnissaient les racines des plantes végétant dans la plate-bande voisine.

» Sur le sable du pot n° 4, on a versé, ainsi qu'il a été dit, de la délayure de nodosités de vesce velue; les racines portent cependant, comme celles des plantes précédentes, de grosses nodosités, en forme de framboises; mais on aperçoit en outre, sur la racine principale, des excroissances demi-sphériques très rapprochées les unes des autres et disposées à la suite le long de la racine, suivant une génératrice, si on la compare à un cylindre; il est curieux de constater que ces mêmes nodosités demi-sphériques se rencontrent encore sur une génératrice symétrique de la précédente.

» La teneur en azote de ces lupins est un peu plus forte que celle des plantes des pots 1, 2 et 3; en effet, bien qu'elle ne s'élève qu'à 1,03 pour 100 de la matière sèche, $7^{gr},6$ de lupins secs contiennent 78^{mgr} d'azote, ce qui surpasse notablement les 44^{mgr} contenus dans les deux graines dont ils sont issus, comme si les bactéries productrices des nodosités hémi-

sphériques avaient organisé plus d'azote aérien que celles qui habitent les grosses nodosités mamelonnées.

» Tous les tubercules ont été examinés au microscope; ils renfermaient des bactéries animées; mais dans le lupin bien venu à 3,23 pour 100 d'azote on a observé la forme bifurquée caractéristique que l'on n'a pas retrouvée dans les liquides des autres nodosités.

» En résumé, nous avons constaté, pendant ces trois années de culture, que les lupins blancs n'acquièrent qu'un très médiocre développement quand ils ne portent pas de nodosités sur les racines, mais que ces nodosités présentent des aspects très divers.

» Elles peuvent être petites, espacées comme les grains d'un chapelet, et se rencontrent sur les pieds vigoureux dont la teneur en azote peut atteindre 3 pour 100 de la matière sèche (lupin de Meudon).

» Elles sont lisses, de médiocres dimensions, formant parfois des couronnes au collet; nous avons trouvé dans les plantes qui les portent 2 pour 100 d'azote (Grignon, Muséum).

» Elles proviennent d'inoculation et sont tantôt demi-sphériques, encastrées sur les racines (vesce velue), tantôt détachées (luzerne); les plantes hospitalières contiennent 1 d'azote pour 100 de matière sèche.

» Elles sont énormes, mamelonnées, en forme de framboises; les plantes auxquelles elles appartiennent ne renferment que 0,6 à 0,8 d'azote dans 100 de matière sèche.

» Telles sont les observations que nous avons réunies pendant ces trois dernières années, et nous sommes bien loin d'affirmer que ce soit là les seules formes que puissent affecter les nodosités qui apparaissent sur les racines des lupins blancs.

» L'insuccès fréquent des cultures de cette légumineuse ne semble pas dû à la teneur en calcaire des sols sur lesquels elles ont été semées, car la terre de Meudon, où prospèrent les lupins blancs, n'en est pas privée. La réussite paraît devoir être attribuée à la présence dans le sol de bactéries favorables à la symbiose, qui organisent pour le lupin l'azote atmosphérique. Elles semblent, en outre, s'opposer à la formation, sur les racines, d'énormes nodosités, dues à d'autres bactéries qui, bien qu'encore utiles, vivent cependant sur la légumineuse plutôt en parasites qu'en associées. »

CORRESPONDANCE.

M. le général **Gallieni**, nommé Correspondant pour la Section de Géographie et Navigation, adresse ses remercîments à l'Académie.

MM. **Cosserat**, **Quinton**, **Vayssière** adressent des remercîments à l'Académie pour les distinctions accordées à leurs travaux.

M. le **Secrétaire perpétuel** annonce à l'Académie la perte qu'elle vient de faire dans la personne de Sir *James Paget*, Correspondant pour la Section de Médecine et Chirurgie, à Londres, décédé en décembre 1899.

M. le **Secrétaire perpétuel** annonce à l'Académie la perte qu'elle vient de faire dans la personne de M. *Matheron*, Correspondant pour la Section de Minéralogie, décédé à Marseille, en décembre 1899.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance, un Opuscule de M. *Mathey* intitulé : « Étude sommaire des taillis sous futaie dans le bassin de la Saône ». (Présenté par M. Duclaux.)

M. **H. Poincaré** présente, au nom de M. *V. Bjerknes*, un Volume intitulé : « Vorlesungen über hydrodynamische Fernkräfte ».

Dans ce Volume, le jeune savant norvégien expose avec un grand talent, et en y ajoutant des développements originaux, les idées théoriques de son père et les expériences par lesquelles ont été mises en évidence les analogies entre les phénomènes électrostratiques et électrodynamiques, et les attractions apparentes subies par des corps solides plongés dans un liquide en mouvement.

ASTRONOMIE. — *Sur l'éclipse de Lune du* 16 *décembre* 1899, *à l'observatoire de Lyon*. Note de M. Ch. André, présentée par M. Mascart.

« Quoique cette éclipse ne dût point atteindre la totalité, la richesse stellaire de la zone traversée par la Lune permettait d'espérer que les occultations d'un certain nombre d'étoiles de la *Bonner Durchmusterung* pourraient être déterminées dans de bonnes conditions avec nos instruments; dans ce cas, l'observation de ce phénomène présentait un réel intérêt, et j'en chargeai MM. Gonnessiat et Guillaume.

» Voici les résultats de ces observations, faites à l'équatorial coudé de $0^m,32$ avec un grossissement de 240 (les heures sont données en temps moyen de Paris).

Étoiles.	Grandeurs.	Immersions.	Émersions.
BD + 22°,991	8,7	$12^h30^m49^s,3$	$13^h47^m43^s,5$
993	8,2	38.38,9	Nuages.
996	6,8	39.14,9	»
999	8,9	44.31,9	»
1000	8,7	13.10.50,2	»
1004	8,3	16.17,2	14.26.34,4
1003	8,6	19.53,1	31.18,9
1006	9,0	22.28,6	27.40,9

» Les immersions surtout ont été enregistrées dans les meilleures conditions.

» Quant aux phénomènes de coloration, ils ont été particulièrement marqués; la portion éclipsée du disque présentait, en général, une belle teinte cuivrée passant au gris bleuâtre vers le bord de l'ombre, pour se foncer de rouge sombre du côté opposé.

» D'autre part, j'ajoute, pour l'utilisation des nombres ci-dessus, que les coordonnées que nous adoptons pour l'instrument d'observation sont :

Longitude E de Paris	$9^m47^s,53$
Latitude	$45°41'38'',2$

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Observations du Soleil, faites à l'observatoire de Lyon (équatorial Brunner de* $0^m,16$*) pendant le troisième trimestre de* 1899. Note de M. **J. Guillaume**, présentée par M. Mascart.

« L'explication des Tableaux suivants a été donnée, page 494 des *Comptes rendus*.

Tableau I. — *Taches.*

Dates extrêmes d'observ.	Nombre d'observations.	Pass. au mér. central.	Latitudes moyennes S.	Latitudes moyennes N.	Surfaces moyennes réduites.
		Juillet 1899. — 0,33			
3- 7	5	4,9		+ 7	18
3-12	9	9,3	—10		12
4-15	9	10,7	—10		260
15	1	15,3		+ 2	32
25-28	4	23,9		+12	50
29-30	2	27,8	—14		4
	24 j.		—11°,3	+ 7°,0	
		Août 1899. — 0,70.			
29-30	2	3,5	—15		5
1- 5	5	6,5	—12		4
26-28	2	27,2		+ 3	2
		Août 1899. — 0,70 (suite).			
28	1	31,6		+ 8	1
28-31	1	31,8	— 9		1
	27 j.		—12°,0	+ 5°,5	
		Septembre 1899. — 0,47			
30- 2	2	2,5	—10		2
22-23	2	21,9	— 9		2
19-21	3	23,3	— 4		5
26-30	5	27,9		+ 3	60
25-30	6	29,1	—13		41
	17 j.		— 9°,0	+ 3°,0	

Tableau II. — *Distribution des taches en latitude.*

1899.	Sud 90°. 40°.	40°. 30°.	30°. 20°.	20°. 10°.	10°. 0°.	Somme.	Nord Somme.	0°. 10°.	10°. 20°.	20°. 30°.	30°. 40°.	40°. 90°.	Totaux mensuels.	Surfaces moyennes réduites.
Juillet.....	»	»	»	1	2	3	3	2	1	»	»	»	6	376
Août......	»	»	»	2	1	3	2	2	»	»	»	»	5	13
Septembre.	»	»	»	1	3	4	1	1	»	»	»	»	5	110
Totaux..	»	»	»	4	6	10	6	5	1	»	»	»	16	499

Tableau III. — *Distribution des facules en latitude.*

1899.	Sud 90°. 40°.	40°. 30°.	30°. 20°.	20°. 10°.	10°. 0°.	Somme.	Nord Somme.	0°. 10°.	10°. 20°.	20°. 30°.	30°. 40°.	40°. 90°.	Totaux mensuels.	Surfaces moyennes réduites.
Juillet......	»	»	»	3	4	7	7	5	2	»	»	»	14	12,1
Août.......	»	»	»	5	3	8	9	4	1	»	»	4	17	11,2
Septembre..	»	»	»	5	3	8	3	2	»	»	»	1	11	5,7
Totaux...	»	»	»	13	10	23	19	11	3	»	»	5	42	29,0

» Il y a eu 64 jours d'observations dans ce trimestre et il en résulte les faits suivants :

» *Taches.* — Le nombre de groupes de taches notés est resté le même (16), mais leur surface totale est moindre environ de moitié : 499 millioniêmes au lieu de 1096. Leur répartition, entre les deux hémisphères, est restée la même, soit 10 groupes au sud de l'équateur et 6 au nord.

» L'absence de taches à la surface du disque solaire a été notée dans 35 des jours d'observation, dont 8 en juillet, 19 en août et 8 en septembre. Le minimum d'août est remarquable, car le nombre des jours sans taches représente les deux tiers des jours d'observations de ce mois; ce fait ne s'était pas présenté depuis 1890, en août également.

» *Régions d'activité.* — Le nombre des groupes de facules a augmenté de part et d'autre de l'équateur; on a, en effet, 23 groupes au sud au lieu de 15, et 19 au nord au lieu de 12, mais leur surface totale est sensiblement la même : on a effectivement 29,0 millièmes pour 42 groupes au lieu de 30,9 millièmes pour 27 groupes notés le précédent trimestre. Enfin on a remarqué la présence de petites facules dans les hautes latitudes entre $+70°$ et $+76°$.

GÉOMÉTRIE. — *Sur les systèmes orthogonaux.* Note de M. SERVANT, présentée par M. Darboux.

« Ribaucour a donné (*Bulletin de la Société philomathique*, 1869) une transformation des systèmes orthogonaux qui peut s'énoncer sous la forme suivante :

» Soient $S(x, y, z)$ un système triple orthogonal et Ω une solution du système de Laplace correspondant; $S_1(x_1, y_1, z_1)$ le système de même représentation sphérique que S, obtenu à l'aide de la solution Ω : *le symétrique du point (x, y, z) par rapport au plan*

$$Xx_1 + Yy_1 + Zz_1 = \Omega_1$$

(où Ω_1 désigne la solution du système de Laplace relatif à S_1 qui permet de retrouver S) *décrit un nouveau système triple transformé du précédent;* de même le symétrique du point (x_1, y_1, z_1) par rapport au plan

$$Xx + Yy + Zz = \Omega$$

décrit également un système orthogonal. Il est facile de trouver explicite-

ment ces deux systèmes; on aura

$$(1)\qquad \begin{cases} x_3 = x - 2\Omega\dfrac{x_1}{\sigma_1} \\ y_3 = y - 2\Omega\dfrac{y_1}{\sigma_1} \\ z_3 = z - 2\Omega\dfrac{z_1}{\sigma_1} \end{cases} \qquad (\sigma_1 = x_1^2 + y_1^2 + z_1^2),$$

$$(2)\qquad \begin{cases} x_2 = x_1 - 2\Omega\dfrac{x}{\sigma} \\ y_2 = y_1 - 2\Omega\dfrac{y}{\sigma} \\ z_2 = z_1 - 2\Omega\dfrac{z}{\sigma} \end{cases} \qquad (\sigma = x^2 + y^2 + z^2).$$

» Désignons par S' et S'_1 les systèmes inverses des systèmes S et S_1 par rapport à l'origine, et par Σ et Σ_1 les systèmes ayant même représentation sphérique qui ont été donnés par M. Darboux (*Théorie des surfaces*, t. IV).

» Si l'on rapproche les formules de M. Darboux des précédentes, on reconnaît facilement que le système (1) est le système Σ_1 et le système (2) le système Σ; ainsi la transformation de Ribaucour appliquée à S donne le système ayant même représentation sphérique que l'inverse de S_1; elle en condense donc en quelque sorte trois autres.

» Si l'on appliquait à Σ_1 ou à Σ la transformation précédente, on retrouverait S et S_1, mais si on l'applique à S' et S'_1, on trouvera des systèmes nouveaux :

$$Q\qquad \begin{cases} x_4 = \dfrac{x\sigma_1 - 2\Omega x_1}{\sigma\sigma_1 - 4\Omega\Omega_1}, \\ y_4 = \dfrac{y\sigma_1 - 2\Omega y_1}{\sigma\sigma_1 - 4\Omega\Omega_1}; \end{cases}$$

$$Q_1\qquad \begin{cases} x_5 = \dfrac{x_1\sigma - 2\Omega_1 x}{\sigma\sigma_1 - 4\Omega\Omega_1}, \\ y_5 = \dfrac{y_1\sigma - 2\Omega_1 y}{\sigma\sigma_1 - 4\Omega\Omega_1}. \end{cases}$$

» Or ces deux systèmes Q et Q_1 *ont même représentation sphérique*, Q_1 *est l'inverse de* Σ *et* Q *l'inverse de* Σ_1. Si maintenant on applique de nouveau la transformation de Ribaucour ou l'inversion, on retombera forcément sur un des systèmes précédents. On peut donc former le Tableau suivant :

Systèmes de surfaces se correspondant :

Par représentation sphérique.		Par inversion.		Par transformation de Ribaucour.	
S	S_1	S	S'	S	Σ_1
S'	Σ	S_1	S'_1	S_1	Σ
S'_1	Σ_1	Σ	Q_1	S'	Q
Q	Q_1	Σ_1	Q	S'_1	Q_1

» Par conséquent, de tout couple de systèmes de surfaces ayant même représentation sphérique, on peut déduire trois autres couples jouissant de la même propriété, ainsi que quatre couples se correspondant par inversion et quatre par la transformation de Ribaucour.

» On voit facilement que les formules (1) et (2) subsistent quand, au lieu de systèmes triples orthogonaux, on considère des surfaces ayant même représentation sphérique de leurs lignes de courbure; on obtient d'une façon analogue huit surfaces qui se correspondent deux à deux. Mais ici, la transformation de Ribaucour prend une signification géométrique simple : *les deux surfaces transformées l'une de l'autre sont les deux nappes d'une enveloppe de sphère sur lesquelles les lignes de courbure se correspondent.* On peut ainsi retrouver beaucoup de résultats connus relatifs aux enveloppes de sphère, aux systèmes cycliques, etc.

» Nous nous sommes placé jusqu'ici dans le cas de l'espace à trois dimensions, mais rien ne serait changé dans le cas de l'espace à n dimensions; remarquons encore que toutes les formules subsistent quand les deux surfaces ayant même représentation sphérique sont deux plans parallèles; on peut alors en déduire le théorème (bien évident du reste par d'autres méthodes) : *Si l'on connaît deux systèmes plans orthogonaux ayant leurs tangentes parallèles aux points correspondants, on peut en déduire par une quadrature une surface rapportée à ses lignes de courbure,* et celui-ci, qui se rattache à une proposition de M. Darboux : *Si l'on connaît dans l'espace à n dimensions deux systèmes orthogonaux ayant même représentation sphérique, on peut en déduire, dans l'espace à* $(n+1)$ *dimensions, une surface à lignes de courbure coordonnées.*

» On peut donner de nombreuses applications de cette transformation et des huit surfaces; d'autre part, il serait intéressant de rapprocher ces huit surfaces des douze surfaces de M. Darboux; c'est ce que nous espérons développer prochainement. »

PHYSIQUE. — *Sur la loi élémentaire de l'électromagnétisme.* Note de M. Raveau, présentée par M. J. Violle.

« Biot et Savart ont cru déterminer l'action d'un courant rectiligne indéfini, c'est-à-dire d'un courant non fermé, sur une aiguille aimantée; ils avaient eu soin de donner au « fil conjonctif... assez de longueur pour » que ses extrémités, qu'il fallait recourber afin de les attacher aux pôles » de l'appareil voltaïque, n'eussent sur l'aiguille, à cause de leur éloigne» ment, qu'une action si faible, qu'elle pût être impunément négligée [1] ». La précaution est insuffisante; l'éloignement n'annule pas l'effet des termes qui, dans l'expression de l'action d'un élément, sont d'un degré égal ou supérieur à celui de l'inverse de la distance.

» De pareils termes se présentent si, partant, comme on le fait quelquefois, de l'action d'un pôle sur un élément de courant, on suppose la réaction inverse égale et opposée directement à l'action. La partie rectiligne du fil de Biot et Savart exerce alors sur un pôle une force et un couple, et le reste du circuit, quelle que soit sa position, exerce un couple égal et opposé au premier.

» Inversement, si l'on admet avec Biot et Savart que l'action d'un élément de courant sur un pôle soit une force passant par le pôle, la réaction du pôle n'est pas nécessairement une force rencontrant l'élément. Mais les couples supplémentaires (ou telle autre action que l'on pourra supposer) disparaissent quand on considère un courant fermé; c'est ce qui fait le succès de certaines démonstrations dépourvues de rigueur, dans lesquelles on admet arbitrairement que les actions mutuelles d'un pôle et d'un élément de courant sont respectivement une force passant par le pôle et une force égale et de sens opposé rencontrant l'élément.

» S'il est inutile, au point de vue du résultat final, de fixer absolument le point d'application des forces électromagnétiques, il ne résulte pas moins de l'indétermination de la question qu'on peut être conduit à des formes de langage très distinctes et à des façons très différentes d'envisager certains phénomènes. Pour expliquer l'expérience de rotation électromagnétique de Faraday, dans laquelle un des pôles d'un aimant vertical décrit

---

(1) Biot, *Précis élémentaire de Physique*, t. II, 3e édit.; ap. *Mémoires sur l'Électrodynamique*, publiés par M. Joubert, 1re partie, p. 86.

un petit cercle autour d'une portion de courant rectiligne également verticale, on dira, si l'on se place dans les idées de Biot et Savart, que le mouvement est déterminé presque exclusivement par l'action de ce courant vertical sur le pôle voisin; pour Ampère, au contraire, la force exercée par cette partie du circuit rencontre le fil vertical, autour duquel elle ne peut déterminer aucune rotation.

» Ces affirmations diverses ne se contredisent pas, parce qu'elles sont conditionnelles; c'est faute d'avoir fait cette remarque qu'un savant aussi distingué que M. E. Lecher (1) a pu croire que l'explication rappelée plus haut de l'expérience de Faraday était fausse théoriquement et démentie par une autre expérience. En réalité, il montre, ce qui n'est pas sans intérêt, que, si l'on veut chercher la cause du mouvement dans l'accroissement du flux de force de l'aimant qui traverse le circuit du courant, on ne peut attribuer aucun rôle aux éléments dirigés suivant l'axe, qui sont toujours rencontrés par les mêmes lignes de force. Quant à l'expérience de M. Lecher, dans laquelle aucune rotation ne se produit, bien qu'un pôle d'aimant et un segment de fil vertical occupent les mêmes positions relatives que dans celle de Faraday, elle prouve simplement que le mouvement qui pourrait tendre à se produire par l'action du fil vertical sur le pôle est entravé par une action opposée, mais non qu'il n'y a aucune tendance de cette sorte. Dans ce dispositif, qui ne comporte pas de contacts variables, mais seulement deux points d'articulation, l'absence de rotation s'explique aisément de plusieurs façons; j'ai exposé ces explications dans un article que publiera prochainement l'*Éclairage électrique*. »

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'oxydation manganique des acides citrique et malique*. Note de M. G. **Denigès**.

« I. Lorsqu'on traite une solution froide d'acide citrique par du permanganate de potasse, le mélange brunit bien vite, en faisant effervescence, puis se décolore peu à peu.

» Le gaz qui se dégage pendant toute la durée de la réaction est de l'anhydride carbonique provenant de l'attaque du point de moindre résis-

(1) Lecher, *Ueber einen experimentellen und theoretischen Trugschluss in der Elektricitätslehre* (*Acad. de Vienne*, t. CVIII, 13 juillet 1899, et *Ann. de Wiedemann*, t. LXIX, p. 781, décembre 1899).

tance de l'acide citrique, le groupe médian :

$$HO - C - CO.OH$$

qui est transformé par oxydation en groupe cétonique CO avec départ simultané de gaz carbonique et d'eau.

» La presque totalité de l'acide citrique passe ainsi à l'état d'acide acétone-dicarbonique.

» Pour identifier ce composé, j'ai utilisé la propriété qu'il possède et que j'ai fait connaître ([1]) de donner avec le sulfate mercurique une combinaison insoluble dans l'eau.

» 10^{gr} d'acide citrique ont été dissous à chaud dans 20^{cc} d'eau ; la solution refroidie vers 15° a été versée dans une liqueur préparée en dissolvant 3^{gr} de MnO^4K dans 100^{cc} d'eau chaude, refroidie ensuite à 15°.

» Le mélange, entouré d'eau froide, change de teinte au bout de quelques instants, puis brunit en dégageant abondamment CO^2. Pour avoir un bon rendement, il faut éviter, dans cette réaction, que la température dépasse 30° à 35°.

» Après quelques heures de contact, le liquide, qui n'a conservé qu'une teinte jaunâtre, est versé dans 100^{cc} de sulfate mercurique au moment où l'on vient de retirer du feu ce réactif, préalablement porté à l'ébullition. Il se forme un abondant précipité blanc (que j'appellerai produit A), lequel lavé et mis en suspension dans l'eau est décomposé par un courant de SH^2. On filtre et l'on obtient un liquide qui, agité avec l'éther, cède à ce dissolvant un corps présentant tous les caractères de l'acide acétone-dicarbonique, notamment la décomposition à l'ébullition, la coloration rouge violacé avec le chlorure ferrique et la réaction de Legal.

» De plus, la même substance A, desséchée, a donné à l'analyse des chiffres qui identifient sa composition avec celle du composé (que je désignerai par la lettre B) obtenu directement avec l'acide acétone-dicarbonique pur, préparé par le procédé de Pechmann (déshydratation sulfurique), et le sulfate mercurique, ainsi qu'il résulte des nombres suivants :

		Produit A.	Produit B.
Hg	pour 100	70,50	70,25
SO^4H^2	»	7,30	6,97
C	»	8,18	8,12
H	»	0,67	0,65

» Sa composition est donc la même que celle de la combinaison mercurique de l'acide acétone-dicarbonique.

» Si cet acide acétone-dicarbonique ainsi produit n'est pas insolubilisé à l'état de sel de mercure peu de temps après sa formation, il perd du gaz carbonique et se transforme en acétone qu'il est facile de caractériser dans le mélange.

([1]) *Comptes rendus*, 13 mars 1899, p. 680.

» Mais, en outre, si le mélange est abandonné à lui-même pendant quatre à cinq jours, et si l'on a opéré sur des quantités de produits décuples de celles qui ont été indiquées plus haut (c'est-à-dire 90gr de MnO^4K et 300gr d'acide citrique), on observe que les parois du vase sont tapissées de cristaux prismatiques très nets, dont quelques-uns peuvent avoir 0cm,5 de longueur.

» Ces cristaux sont lavés par décantation et desséchés sur une plaque poreuse. Après dessiccation, on constate qu'ils sont rarement homogènes; les uns, roses, prismatiques, volumineux, peuvent être séparés mécaniquement soit par triage à la pince, soit au tamis; les autres se présentent sous l'aspect de cristaux hexagonaux groupés, blancs et petits. L'analyse montre que les premiers sont constitués par de l'oxalate de manganèse prismatique, $C^2O^4Mn + 3aq$, et les seconds par de l'oxalate octaédrique, $C^2O^4Mn + 2aq$; ceux-ci ayant pris naissance dans le liquide encore tiède, ceux-là, après refroidissement.

» II. En ce qui concerne l'acide malique, le premier fait qui attire l'attention lorsqu'on traite à chaud cet acide par une quantité suffisante de MnO^4K est, outre la décoloration du réactif, le dégagement d'aldéhyde ordinaire, très reconnaissable à son odeur. Mais ce phénomène n'a rien de spécifique, puisqu'on l'obtient avec nombre de composés organiques.

» Par contre, si le permanganate est ajouté avec précaution et sans excès, on remarque que la décoloration se produit sans dégagement notable de CO^2 : dans ces conditions, le squelette carboné de l'acide malique reste intact, seul son groupe CH.OH est attaqué et transformé en CO, de telle sorte qu'il se produit de l'acide oxalacétique :

$$HO.CO - CH^2 - CO - CO.OH.$$

» On peut démontrer la présence de cet acide, en utilisant la propriété qu'il a de donner, rapidement à chaud, une combinaison mercurielle insoluble, non avec le sulfate, mais avec l'acétate mercurique, réactif qui ne précipite pas l'acide malique pur.

» La réaction est plus frappante et plus complète en ajoutant à une solution, même très étendue, d'acide malique, le dixième de son volume d'une liqueur renfermant, pour 100, 5gr d'acétate mercurique et 1cc d'acide acétique pur. On filtre, s'il y a lieu, pour enlever le léger trouble que donnent habituellement les impuretés de l'acide malique commercial. On porte à l'ébullition et, aussitôt le feu enlevé, on ajoute goutte à goutte du MnO^4K à 2 pour 100. Dès les premières gouttes, apparaît un précipité blanc, formé par la combinaison mercurielle d'acide oxalacétique.

» On peut déceler ainsi jusqu'à 0gr,05 d'acide malique dans 1lit de solution.

» On voit que, pour l'acide malique comme pour l'acide citrique, l'oxydation manganique porte d'abord son effort sur le groupe alcoolique, en formant une cétone complexe. L'oxydation continuant, ou la désagrégation du produit primaire s'effectuant,

il se forme, avec l'acide malique, transitoirement de l'acide pyruvique, mais surtout de l'éthanal.

» Ces faits peuvent avantageusement être utilisés en analyse, aussi bien pour la recherche spécifique de l'acide citrique dans les cas les plus complexes, ainsi que nous l'avons indiqué ([1]), que pour celle de l'acide malique, comme nous le montrerons prochainement. »

CHIMIE ORGANIQUE. — *De l'acidimétrie.* Note de MM. **Henri Imbert** et **A. Astruc.**

« Dans une Note précédente ([2]) il a été indiqué que la phénolphtaléine permet d'accuser une acidité faible, mais une basicité forte, et inversement, l'héliantine A, une acidité forte et une basicité faible.

» Nous avons eu l'idée d'appliquer ces réactifs aux dosages acidimétriques, en joignant à ces essais ceux que l'on peut faire au bleu Poirrier, qui, indiquant la troisième basicité de l'acide phosphorique analogue à la fonction phénolique, permet de déceler une fonction acide plus faible encore que celle indiquée par la phtaléine, ainsi que l'a montré Joly.

» Il n'est pas douteux que, en dehors des trois énergies acides différentes accusées par ces trois réactifs, on puisse arriver à en déceler d'autres au moyen de réactifs colorants variés, en se servant par exemple du travail fait par Glaser sur ces divers corps ([3]).

» C'est là une idée qui, depuis longtemps, a été émise par M. Berthelot. Nous nous sommes bornés pour le moment aux trois corps cités, bien que nos essais aient déjà porté sur d'autres indicateurs.

» Le développement de notre travail nous a conduits à étudier d'abord l'acidimétrie des phénols. Nous adopterons par suite l'ordre suivant :

» 1° Acidimétrie des phénols;

» 2° Acidimétrie des acides monobasiques à fonction simple (gras et aromatiques);

» 3° Acidimétrie des acides monobasiques halogénés;

» 4° Acidimétrie des acides monobasiques nitrés;

» 5° Acidimétrie des acides monobasiques alcools ou phénols;

([1]) *Annales de Chimie et de Physique,* novembre 1899.

([2]) A. Astruc, *Alcalimétrie des amines* (*Comptes rendus* du 11 décembre 1899).

([3]) *Zeit. f. analyt. Chemie;* 1899, p. 273.

» 6° Acidimétrie des acides monobasiques pluriphénoliques;

» 7° Acidimétrie des acides monobasiques aminés.

» *Phénols.* — Le phénol ordinaire est sensiblement neutre à l'héliantine et à la phtaléine, et monobasique au bleu Poirrier. Au contraire, l'acide picrique (trinitrophénol) se conduit comme acide monobasique aux trois réactifs. Ces faits sont d'accord avec les données thermochimiques. Les trois radicaux électronégatifs AzO^2, ainsi que l'a montré M. Berthelot, renforcent la fonction acide de l'oxhydrile OH.

» *Acides monobasiques à fonction simple.* — Les acides formique, acétique, propionique, butyrique, isobutyrique, valérianique, caproïque et benzoïque, tout en étant acides à l'héliantine, ne peuvent pas être dosés à ce réactif. Ils sont tous très nettement monobasiques à la phtaléine et au bleu. (L'acide cinnamique, au reste, se conduit de la même façon.)

» Si l'on compare l'acidimétrie de l'acide benzoïque et de l'acide picrique, on constate que ce dernier, quoique ne contenant pas de carboxyle, se conduit en réalité comme un acide plus fort que l'acide benzoïque. Cependant les chaleurs de neutralisation de ces deux corps par la potasse, $13^{Cal},7$ pour $C^6H^2(AzO^2)^3OH$ et $13^{Cal},6$ pour C^6H^5COOH, sont sensiblement les mêmes. Mais les chaleurs de formation des sels à l'état solide, 29^{Cal} pour le picrate de potasse et $22^{Cal},4$ pour le benzoate, permettent de concevoir aisément l'action sur les réactifs colorés.

» *Acides halogénés.* — Nous avons surtout étudié les acides ortho, méta et parabromobenzoïques.

» Ils sont tous monobasiques à la phtaléine et au bleu; mais le premier seul a une acidité marquée à l'héliantine, bien qu'il ne puisse être dosé très rigoureusement. L'atome de brome en position ortho augmente donc très nettement l'acidité de ce corps, tandis qu'en position méta et para, il semble avoir une influence moins considérable.

» *Acides nitrés.* — Les acides ortho, méta et paranitrobenzoïques examinés donnent lieu aux mêmes observations que les précédents. Le groupe AzO^2, en position ortho, augmente comme le Br l'acidité de l'acide benzoïque, au point qu'il faut presque une molécule de soude pour une molécule d'acide si l'on veut arriver à la neutralité à l'héliantine.

» *Acides alcools et phénols.* — Ont été examinés les acides glycolique, lactique, oxybenzoïques ortho, méta et para.

» Les deux corps de la série grasse, monobasiques à la phtaléine et au bleu, virent mal, quoique nettement acides au méthylorange.

» Les acides oxybenzoïques permettent des observations plus intéressantes.

» Ainsi, l'acide ortho se laisse doser à l'héliantine comme acide sensiblement monobasique, alors qu'il l'est nettement aux deux autres indicateurs. Les acides méta et para donnent, au contraire, de mauvais résultats à l'héliantine. Ici encore, la position de l'oxhydrile OH, radical électronégatif, en ortho, augmente l'acidité du corps. A la phtaléine, les trois acides sont monobasiques. Mais, tandis que l'acide ortho est encore monobasique au bleu, le méta exige plus d'une molécule d'alcali pour le virage, et le para, dans les mêmes conditions, sensiblement deux molécules. Si bien qu'ayant pesé

0gr,220 d'acide paraoxybenzoïque, nous avons trouvé 0gr,216 en supposant le corps bibasique.

» Il faut toutefois tenir compte du fait signalé par Glaser que, si l'on ajoute du bleu Poirrier à un volume déterminé d'eau, il faut une quantité non négligeable d'alcali pour faire virer le réactif. Aussi nous avons eu soin de déterminer préalablement la proportion d'alcali nécessaire pour faire virer l'indicateur sur le même volume d'eau distillée.

» Ainsi, le bleu CLB permet de déceler assez nettement la fonction phénolique en position para.

» *Acides monobasiques polyphénoliques.* — Ce sont les acides protocatéchique ($CO^2H_{(1)}OH_{(3)}OH_{(4)}$) et vanillique ($CO^2H_{(1)}OCH^3_{(3)}OH_{(4)}$) qui ont servi à nos essais.

» L'héliantine ne donne pas de résultat intéressant. La phtaléine accuse seulement la monobasicité; mais, au bleu, il faut encore pour l'un et l'autre de ces acides sensiblement 2 molécules d'alcali pour 1 molécule d'acide. Les quantités de substance sur lesquelles on a opéré étant de 0gr,142 pour l'acide protocatéchique et 0gr,118 pour l'acide vanillique, il a été retrouvé, en supposant les corps bibasiques, 0gr,133 à 0gr,138 du premier et 0gr,117 du second. Et non seulement l'oxhydrile phénolique en position para montre son influence, mais encore il résulte de ces expériences qu'en position méta il n'intervient guère plus dans l'acide protocatéchique que lorsqu'il est éthérifié dans l'acide vanillique. Le virage est toutefois un peu incertain pour ces corps.

» Il est regrettable que nous n'ayons pas eu à notre disposition de l'acide isovanillique ($COOH_{(1)}OH_{(3)}OCH^3_{(4)}$) qui eût été probablement monobasique au bleu, comme à la phtaléine.

» *Acides aminés.* — Le glycocolle (acide aminoacétique) est sensiblement neutre à l'héliantine et à la phtaléine, tout en restant encore acide au bleu Poirrier. Mais le dosage acidimétrique à ce dernier corps n'est point possible. La présence du groupement AzH^2 diminue donc l'énergie du carboxyle.

» Les acides aminobenzoïques ortho et méta sont à peu près neutres à l'héliantine, tandis que l'acide benzoïque, bien qu'indosable dans ces conditions, est cependant sensiblement acide, comme d'ailleurs l'acide paraminobenzoïque.

» Ici encore, le radical AzH^2 électropositif diminue l'acidité du carboxyle lorsqu'il est en position ortho et méta, et a une action à peu près nulle en position para. Les trois corps sont monobasiques à la phtaléine et au bleu. La fonction AzH^2 n'intervient pas, ce qui s'explique, puisque l'un de nous a indiqué que la présence d'un radical aromatique dans la molécule ammoniacale donne naissance à un corps qui n'est plus basique à la phtaléine et *a fortiori* au bleu Poirrier.

» Tels sont les résultats fournis par cette étude, que nous poursuivons. »

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur quelques amines renfermant le noyau du camphre* [1]. Note de M. G. **Blanc**.

« L'étude comparative des acides isolauronolique et β-campholénique, et principalement la considération de leurs produits d'oxydation, montre clairement qu'il existe entre eux la même relation qu'entre l'acide benzoïque et l'acide phénylacétique

Acide isolauronolique.	Acide β-campholénique.
CH^3 CH^3	CH^3 CH^3
C	C
CH^2 — C — CH^3	CH^2 — C — CH^3
CH^2 — C — CO^2H	CH^2 — C — CH^2CO^2H

» Or, si la constitution de l'acide isolauronolique est établie avec certitude, celle de l'acide β-campholénique peut encore faire l'objet de quelques critiques, rares, il est vrai. Il est donc du plus haut intérêt, afin de résoudre définitivement la question, de pouvoir passer simplement de l'un de ces acides à l'autre et inversement.

» Si la relation ci-dessus est vraie, il est aisé de voir que la réduction partielle du nitrile isolaurolonique doit fournir une base identique au β-aminocampholène [2]

Nitrile isolauronolique.	β-aminocampholène.
CH^3 CH^3	CH^3 CH^3
C	C
CH^2 — C — CH^3	CH^2 — C — CH^3
CH^2 — C — CAz	CH^2 — C — CH^2AzH^2

» Malheureusement la réduction du nitrile isolaurolonique conduit directement à la base saturée $C^9H^{15}CH^2.AzH^2$, et, au contraire, le β-amino-

---

(1) Faculté des Sciences de Paris, laboratoire de Chimie organique.

(2) E.-E. Blaise et G. Blanc, *Comptes rendus*, t. CXXIX, p. 106, et *Bull. Soc. chim.*, 3e série, t. XXI, p. 973.

campholène n'a pu être encore réduit. L'identification que je me proposais de faire n'a donc pu être réalisée; j'espère y arriver par une autre méthode, qui fera l'objet d'une prochaine Communication. Ce travail a pour but l'étude du produit de réduction du nitrile isolaurolonique, la *dihydroisolauronamine*, que j'appelle ainsi en attendant que son identité avec le dihydroaminocampholène soit clairement démontrée.

» *Dihydroisolauronamine* $C^9H^{15}CH^2AzH^2$. — Cette base s'obtient quantitativement par la réduction du nitrile isolauronolique au moyen du sodium et de l'alcool bouillant. C'est un liquide mobile, incolore. $D_{15} = 0,8619$. Éb. à 185° ($H = 760^{mm}$). Elle donne des sels bien définis et attire l'acide carbonique de l'air; elle donne la réaction des carbylamines et se combine avec énergie à l'iodure de méthyle.

» Sels. — Le *chlorhydrate* $C^8H^{15}CH^2.AzH^2.ClH$ est en belles lames nacrées, solubles dans l'eau et l'alcool; il fond vers 265° en se décomposant. Le *chloroplatinate* $(C^8H^{15}CH^2AzH^2.ClH)^2PtCl^4$ est une poudre cristalline jaune, insoluble dans l'eau et l'alcool. Le *chloraurate* $C^8H^{15}CH^2.AzH^2.ClH.AuCl^3$ est en belles aiguilles d'un jaune vif et fond vers 203°-205° avec décomposition. L'eau bouillante le modifie aisément, en donnant le *chloraurate modifié* $C^8H^{15}CH^2.AzH^2.AuCl^3$, poudre jaune chamois, insoluble dans l'eau. L'acide chlorhydrique étendu régénère le *chloraurate normal*.

» L'*azotate* $C^8H^{15}CH^2AzH^2AzO^3H$ est en petits feuillets nacrés, très solubles dans l'eau; fond vers 179° avec décomposition. L'*azotite* $C^8H^{15}CH^2AzH^2AzO^2H$ s'obtient en mélangeant à froid des solutions très concentrées d'azotite de potassium et de chlorhydrate d'amine. Il se précipite des aiguilles blanches, qui constituent l'azotite cherché. Ce corps est très soluble dans l'eau; sa solution aqueuse n'est pas décomposée par l'ébullition, à condition qu'elle soit bien neutre. Une trace d'acide provoque la décomposition immédiate, avec formation de produits dont l'étude est en cours. Le *sulfate* $(C^8H^{15}CH^2AzH^2)^2SO^2H^2$ est en grandes écailles blanches, très solubles dans l'eau et l'alcool; fond vers 249° avec décomposition.

» L'*oxalate* $(C^8H^{15}CH^2AzH^2)^2CO^2H)^2$ est en fines aiguilles, peu solubles dans l'eau; fond avec décomposition vers 243°. Le *picrate* constitue de belles lames jaune d'or, fondant à 215° en se décomposant. Le *dérivé benzoylé* $C^8H^{15}CH^2AzHCOC^6H^5$ forme de grands prismes striés, fondant à 51°, très solubles dans tous les solvants organiques.

» L'*urée* $CO\langle{AzH^2 \atop AzH.CH^2C^8H^{15}}$ constitue de fines aiguilles, peu solubles dans le benzène froid et l'éther de pétrole; fond à 102°. L'*oxamide* $(COAzHCH^2.C^8H^{15})^2$ cristallise dans un mélange d'alcool et d'éther de pétrole en belles tables transparentes; fond à 133°-134°.

» Dérivés de substitution de la dihydroisolauronamine. — La dihydroisolauronamine, base primaire, réagit seulement avec l'iodure d'éthyle. On obtient ainsi les deux dérivés mono et diéthylés, que l'on sépare aisément par l'action de l'acide azoteux.

» *Éthyldihydroisolauronamine* $C^8H^{15}CH^2.AzH.C^2H^5$. — Liquide incolore, mobile, $D_{15} = 0,8417$, ébullition à 205° (H = 760). Son dérivé nitrosé $C^8H^{15}CH^2Az - C^2H^5$ (Az—AzO) est un liquide huileux, d'odeur particulière, que l'acide chlorhydrique décompose aisément en régénérant la base. Le *chlorhydrate* $C^8H^{15}CH^2.AzHC^2H^5.ClH$ est en fines paillettes nacrées, assez solubles dans l'eau et l'alcool. Il ne fond pas sans décomposition. Le *chloroplatinate* est en belles aiguilles rouge orangé, assez solubles dans l'eau bouillante.

» L'*azotite* $C^8H^{15}CH^2.AzHC^2H^5.AzO^2H$ est stable à chaud en solution aqueuse et neutre. En présence d'un acide, il donne immédiatement le *dérivé nitrosé*. Il constitue de fines aiguilles, fusibles à 161°. Le sulfate $(C^8H^{15}CH^2.AzHC^2H^5)^2SO^4H^2$ est très soluble dans l'eau et déliquescent; il fond à 124°-125°. Le *picrate*, qui cristallise difficilement, fond à 112°-114°.

» *Diéthyldihydroisolauronamine* $C^8H^{15}CH^2.Az(C^2H^5)^2$. — Cette base bout à 235°, son *chlorhydrate* forme de petits prismes très solubles dans l'eau, l'alcool, et fondant à 182°-183°. Son *chloroplatinate* est gommeux.

» *Homodihydroisolauronamine* $C^8H^{15}CH - CH^3$ (CH—AzH²). — Cette base s'obtient par la réduction de l'oxime de l'acétylisolaurolène (¹). Elle bout à 190°; $D_{15} = 0,9558$. Son *chlorhydrate*, qui est très soluble dans l'eau et l'alcool, fond vers 230° avec décomposition. Le *chloroplatinate* forme une poudre cristalline jaune orangé, insoluble dans l'eau et l'alcool. »

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'allotropie de la benzophénone* (²). Note de M. **Œchsner de Coninck**.

« La benzophénone peut se présenter sous deux modifications allotropiques, comme l'a découvert Th. Zincke; mais, malgré les intéressantes recherches de V. Meyer, nous savons peu de chose sur les conditions qui président à la transformation de la modification stable en modification instable.

» Au cours de recherches portant sur la *tautomérie* de certaines aldéhydes grasses et aromatiques, j'avais eu l'occasion d'observer l'influence que les oxydations lentes ont sur les phénomènes de cet ordre. J'ai été ainsi tout naturellement amené à étudier quelques acétones, et j'ai réuni un

---

(¹) *Comptes rendus*, t. CXXIV, p. 624; *Bulletin de la Société chimique*, 3ᵉ série, t. XVII, p. 730; *Annales de Physique et de Chimie*, octobre 1899.

(²) Ce Travail a été fait, dans mon laboratoire, à l'Institut de Chimie de la Faculté des Sciences de Montpellier.

certain nombre d'observations; je demande à l'Académie la permission de lui en présenter le résumé.

» *Partie expérimentale.* — Sur un échantillon de benzophénone très pure et bien cristallisée, j'ai prélevé environ 1gr. L'acétone a été pulvérisée, puis dissoute à chaud dans de l'eau alcoolisée (eau, 4 parties; alcool à 95°, 1 partie).

» J'ai effectué cette dissolution avec précaution; la masse a été chauffée très progressivement, et j'agitais fréquemment afin de hâter la dissolution; enfin, la liqueur a été abandonnée à un refroidissement très lent. Le ballon a été alors mis en communication avec un aspirateur à eau, dans un endroit où les rayons du soleil ne pouvaient l'atteindre. Le courant d'air traversant la solution était assez rapide et très régulier. Lorsque 10lit d'air (capacité de l'aspirateur) avaient passé, la liqueur était abandonnée au repos, à la température ordinaire, pendant quinze à vingt minutes. On l'examinait avec soin, à la loupe, puis on recommençait à faire passer l'air. L'expérience, commencée le 16 novembre, a pris fin le 22 décembre; 1400lit d'air, soit 280lit d'oxygène, ont traversé la liqueur [1].

» Pendant trois semaines environ, je n'ai pu observer aucun changement notable; mais, au bout de ce temps, j'ai prélevé quelques centimètres cubes; la prise d'essai a été évaporée à siccité, à basse température, et le point de fusion a été déterminé. Celui-ci était situé à 38°, c'est-à-dire à 10° au-dessous du point de fusion de la benzophénone stable. En continuant l'expérience méthodiquement, j'ai remarqué que le point de fusion s'abaissait graduellement; finalement, j'ai obtenu, dans une des prises d'essai, une masse solide cristalline fondant à 27°. C'est le point de fusion de la modification instable.

» D'autre part, quelques cristaux de benzophénone ordinaire ont été exposés à la lumière diffuse pendant cinq semaines; *il n'y a pas eu d'allotropisation.*

» Si donc, je n'ai pas allotropisé la benzophénone en la dissolvant deux fois, à chaud, dans l'eau alcoolisée, on voit nettement que l'*oxydation lente*, prolongée un temps suffisamment long, doit être inscrite parmi les conditions qui président à la transformation de la modification stable en modification instable de la benzophénone.

» J'ai institué tout récemment de nouvelles expériences, afin d'élucider ce côté spécial de la question. Il résulte de mes premières observations que la dissolution *lente et ménagée*, dans une eau alcoolisée, n'a pas une grande influence, pourvu qu'elle ne soit pas trop fréquemment répétée. Si la dissolution est *rapide et brusque*, les phénomènes d'allotropie se manifestent plus tôt, et au bout d'un temps qui varie avec la température et

---

(1) Le froid qui a sévi sur notre région du 7 au 14 décembre a déterminé la précipitation totale de la benzophénone. Il a donc fallu la redissoudre avec les mêmes précautions que la première fois.

probablement avec les proportions relatives d'eau et d'alcool; je reviendrai d'ailleurs sur ce dernier point.

» En terminant, je signale un fait qui a son intérêt : c'est que la benzophénone n'a nullement été oxydée pendant toute la durée de ces expériences. »

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Le pigment vert d'*Amanita muscaria. Note de M. **A.-B. Griffiths.**

« J'ai déterminé la composition chimique d'un pigment vert d'*Amanita muscaria* (*Agaricus muscarius*). Ce pigment ayant été dissous dans le chloroforme et l'éther, on évapore à sec la solution filtrée. Le résidu est dissous dans le chloroforme, et la solution est encore évaporée à sec. Cette opération est répétée plusieurs fois. Le pigment vert est une substance amorphe.

» Les analyses de ce pigment conduisent à la formule $C^{20}H^{20}O^{10}$. Les solutions de ce pigment ne donnent pas au spectroscope de bandes caractéristiques d'absorption.

» Le pigment rouge d'*Amanita muscaria* répond à la formule $C^{19}H^{18}O^{6}$.

» Quels sont les pigments dans les autres champignons? C'est une question qui pourra donner lieu à des recherches ultérieures. »

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur les ferments solubles produits, pendant la germination, par les graines à albumen corné.* Note de MM. **Em. Bourquelot** et **H. Hérissey.**

« Il ressort des recherches que nous avons faites sur la graine de Caroubier (¹) :

» 1° Que l'albumen de cette graine est composé, pour la majeure partie, de *mannane* et de *galactane*, c'est-à-dire d'hydrates de carbone donnant du mannose et du galactose lorsqu'on les traite à chaud par l'acide sulfurique étendu;

» 2° Que, pendant la germination, l'embryon de cette même graine sécrète un ferment soluble possédant la propriété d'agir sur son albumen

(¹) *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, séances des 24 juillet, 14 août et 16 octobre 1899.

à la façon de l'acide sulfurique étendu, en ce sens qu'il hydrolyse les hydrates de carbone de l'albumen en question en donnant aussi du mannose et du galactose.

» Ces résultats devaient être le point de départ d'une double série de recherches nouvelles. En effet, la graine de Caroubier est un type de graine à albumen corné : il y avait donc lieu de se demander : 1° si les autres albumens cornés (et ils sont nombreux et variés) présentent une composition analogue ou identique à celle de l'albumen de cette graine et, 2° si les autres graines à albumen corné sécrètent, pendant la germination, un ferment soluble semblable à celui dont nous avions constaté la présence dans l'embryon germé de la graine de Caroubier.

» Les recherches qui font l'objet de cette Note sont relatives à ce second point. Parmi les graines à albumen corné, nous avons choisi comme sujets d'étude celles de Fénugrec (*Trigonella Fœnum græcum* L.) et de Luzerne (*Medicago sativa* L.) qui présentent l'avantage de germer rapidement et facilement.

» *Fénugrec.* — Les graines, préalablement gonflées dans l'eau froide, sont mises à germer, dans des conditions convenables d'humidité, à une tempéralnre maintenue entre 25° et 30°. Trois jours suffisent pour que la radicule atteigne environ $0^{m},03$ de longueur. A ce moment, on triture les plantules dans un mortier de façon à en faire une pâte que l'on met à macérer pendant douze heures dans son poids d'eau chloroformée; on exprime et l'on filtre. On obtient ainsi un liquide limpide que l'on peut employer directement comme solution de ferment, ou dont on peut précipiter celui-ci par l'alcool.

» Nous avons étudié l'activité du liquide en le faisant agir sur de l'albumen de Caroubier préalablement transformé en empois par un traitement, à la température de 90°, avec quantité suffisante d'eau distillée.

» Si à un tel empois, contenant 4^{gr} à 5^{gr} d'albumen pour 100, on ajoute de la macération filtrée de germes de Fénugrec (10^{cc} pour 100^{cc} d'empois) et si, après avoir saturé de chloroforme, on place le mélange dans une étuve chauffée à 35°, on voit la masse se liquéfier peu à peu à la façon d'un empois d'amidon traité par la diastase. Déjà, au bout de douze heures, le produit a l'apparence d'un liquide très fluide dont la partie inférieure tient en suspension un dépôt de particules solides très mobiles. Le liquide filtré accuse une très faible déviation à droite du plan de la lumière polarisée, déviation qui s'accroît jusqu'à la fin de l'action fermentaire.

» Lorsque la déviation est devenue stationnaire, il n'y a plus, pour se rendre compte des transformations effectuées, qu'à analyser le liquide. Il faut naturellement tenir compte de la quantité de sucre apportée par la solution de ferment.

» Dans une de nos expériences, portant sur 25^{gr} d'albumen desséché, le pouvoir réducteur du liquide correspondait à la formation de $13^{gr},14$ de sucre (exprimé en dextrose). Des essais qualitatifs ayant montré qu'il y avait, dans le produit, du man-

nose et du galactose, ces deux sucres ont été dosés en suivant les méthodes auxquelles nous avons eu recours antérieurement. Nous avons trouvé ainsi 8gr,06 de mannose et 3gr,04 de galactose.

» Des expériences analogues ont été répétées, soit en milieu chloroformé, comme dans l'expérience ci-dessus, soit en milieux thymolé, phéniqué ou fluoré (fluorure de sodium, 1 pour 100); l'hydrolyse de l'albumen s'est effectuée semblablement : dans chaque cas, nous avons pu constater qu'il s'était formé du mannose et du galactose. Il n'a été observé de différence que dans la rapidité de l'action, variable suivant les antiseptiques employés.

» Ajoutons que le ferment du Fénugrec agit également bien et de la même façon sur d'autres albumens cornés, tels que celui de la graine de Casse, par exemple. Avec ce dernier aussi, nous avons pu constater la formation de mannose et de galactose (1).

» *Luzerne.* — Les graines de Luzerne germent plus facilement encore que celles de Fénugrec. Une fois gonflées dans l'eau, il suffit de les faire séjourner quarante-huit heures à l'étuve à 25°-30°, pour avoir des plantules convenables. Ces plantules donnent des macérations très actives que l'on peut employer telles quelles, ou dont on peut précipiter le ferment par addition d'alcool.

» Les macérations déterminent, peut-être plus rapidement que celles de Fénugrec, la liquéfaction et la saccharification de l'albumen de Caroubier. Si l'on opère comme nous l'avons indiqué plus haut, on obtient les mêmes produits, c'est-à-dire que l'on peut déceler dans le liquide d'hydrolyse la présence de mannose et de galactose.

» En résumé, les graines de Fénugrec et de Luzerne, et probablement beaucoup d'autres graines, sécrètent pendant la germination, comme le fait la graine de Caroubier, des ferments solubles capables d'hydrolyser et de rendre assimilables les hydrates de carbone de réserve qui entrent dans la composition de certains albumens cornés. L'action de ces ferments est comparable à celle de l'acide sulfurique étendu chaud. Avec les albumens de Caroubier et de Casse, en effet, d'une part, ils donnent, comme lui, naissance *finalement* à du mannose et à du galactose; d'autre part, ils laissent aussi un résidu et, précisément, comme nous l'ont montré des expériences directes, ce résidu n'est que très faiblement attaqué par le même acide sulfurique étendu. »

---

(1) La composition de l'albumen de la graine de Casse est très analogue à celle de l'albumen de la graine de Caroubier. Voir : Em. Bourquelot, *Étude chimique et physiologique de la graine de Canéficier* (*Cassia Fistula* L.). (*Volume jubilaire de la Société de Biologie,* 1899. Paris.)

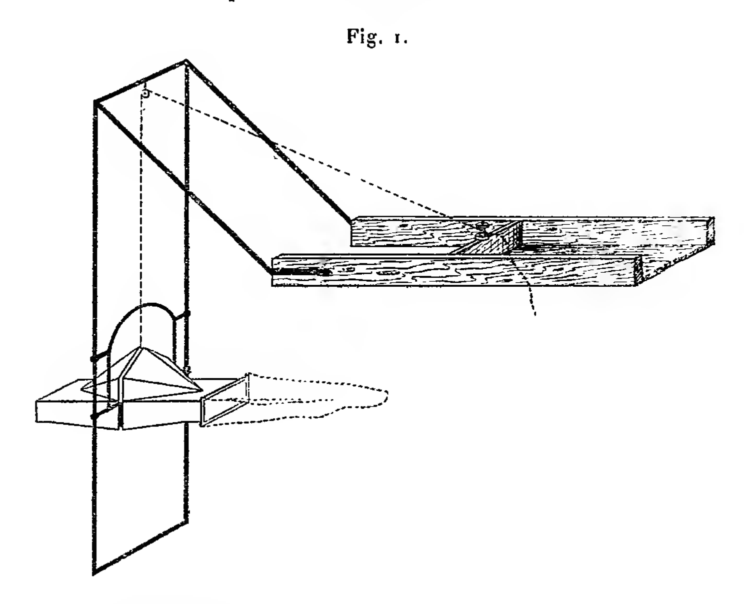
BIOLOGIE. — *Sur les variations du Plankton au lac Chauvet* (¹). Note de M. **Bruyant**, présentée par M. Edmond Perrier.

« Le lac Chauvet est situé, d'après la Carte de l'État-Major, à une altitude de 1166^{m}; la surface en est de 53^{ha} et la profondeur maximum de $62^{m},20$. M. Delebecque a donné, dans l'*Atlas des Lacs français* et dans son magistral Ouvrage sur *Les Lacs français*, le résultat de ses recherches concernant la topographie, puis le régime physique et chimique des eaux. Les courbes bathymétriques s'étagent très régulièrement à la surface de la *plaine* de ce lac, qui constitue ainsi un milieu aussi homogène que possible.

» Nous avons effectué, pendant les mois d'octobre et de novembre, un certain nombre de pêches au moyen de deux filets différents.

» Le premier, destiné aux pêches *verticales*, est construit sur le modèle décrit par

Fig. 1.



Apstein. Les pêches *horizontales* sont faites à l'aide d'un appareil composé d'une armature en zinc à laquelle est fixée la poche de soie, d'un cadre et d'un flotteur.

» L'armature a la forme parallélépipède rectangle. La face supérieure présente une fente et les autres faces une rainure intérieure où glisse un rideau d'obturation. Une

(¹) Recherches faites à la Station limnologique de Besse.

rainure existe également en dehors sur les faces inférieures et latérales, destinée à loger la monture du cadre. Le rideau est commandé par une corde passant sur des poulies; il peut donc être actionné à distance.

» Pour les pêches de surface (0^m à 2^m), l'appareil est engagé dans un cadre en fer qui glisse lui-même à volonté le long de deux montants verticaux fixés au flotteur. L'ouverture se trouve à $0^m,50$ en avant de l'axe du cadre, et le flotteur est maintenu en tête du bateau, ou bien latéralement hors du rayon d'action des rames : ce dispositif a pour but d'écarter toutes les causes qui tendraient à influer sur la répartition normale du Plankton au-devant du filet. D'autre part, comme l'ouverture est circonscrite par une tranche très mince de métal, il est possible de calculer exactement le volume de la colonne d'eau découpée par l'appareil.

» Pour les pêches de profondeur, le cadre, maintenu vertical par un plomb fixé à l'extrémité d'une tige rigide, est simplement rattaché au bateau par deux cordes dont on file la longueur voulue.

» Un câble de 100 mètres de longueur est tendu à la surface de l'eau perpendiculairement à la rive. Un second câble se détache à angle droit de l'extrémité libre du précédent. Des flotteurs en liège sont fixés sur chacun d'eux et constituent des repères distants de 5 mètres. Les coups de filet sont donnés le long de ces câbles, de sorte que la pêche est faite dans une région déterminée, sur une longueur précise et suivant deux sens différents.

» Les pêches horizontales dont nous donnons ici les résultats ont été effectuées par des fonds de 25^m à 30^m, ainsi qu'il est facile de le constater sur la Carte de Delebecque. La longueur de la colonne d'eau filtrée est de 50^m; comme les côtés de l'armature en zinc mesurent respectivement $0^m,10$ et $0^m,30$, le Plankton obtenu correspond à un volume d'eau égal à $1^{mc},500$.

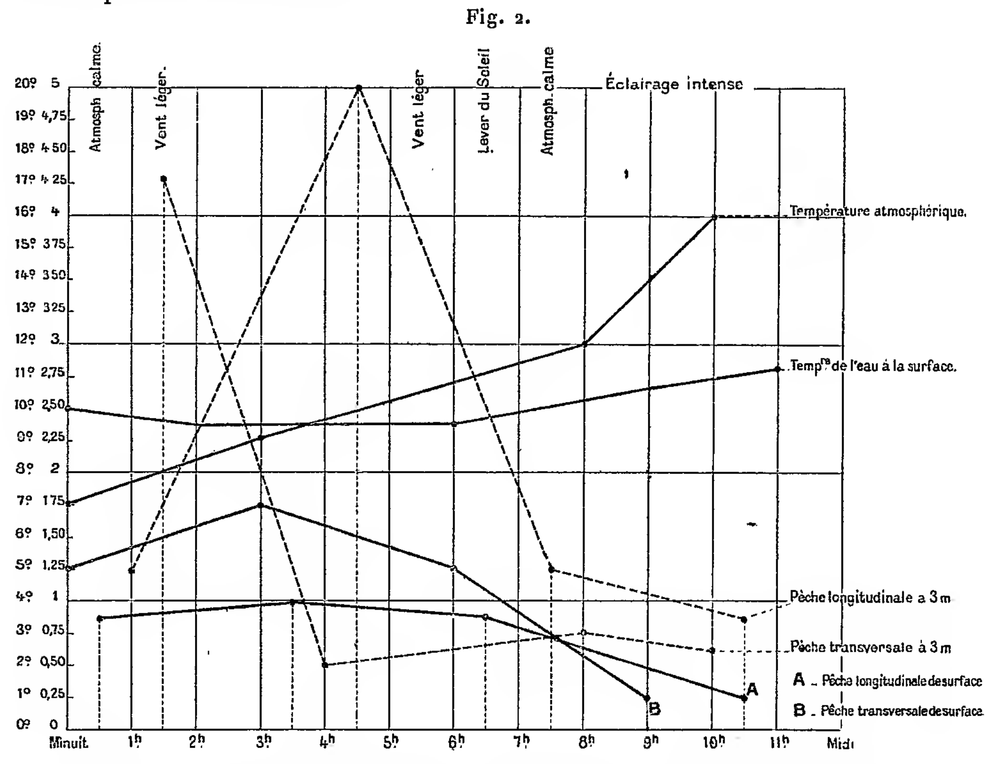
» Le Plankton est traité suivant la méthode récemment indiquée par Yung ([1]) et qui comporte la fixation au formol à 2 pour 100 et la précipitation dans des tubes gradués. Nous formulons toutefois quelques réserves au sujet de la signification absolue des résultats. Nous n'avons pu obtenir, même après 48 *heures*, un dépôt intégral. En examinant alors l'eau superficielle des tubes à précipité, nous y avons retrouvé en suspension une certaine quantité de formes inférieures (protozoaires, algues unicellulaires). D'après nos expériences le volume de ce résidu serait égal au $\frac{1}{12}$ du volume total de la pêche.

» Enfin, comme on a admis l'existence d'un coefficient de filtration, propre à chaque filet, nous nous sommes servi pour toutes nos pêches de la même poche de soie soigneusement lavée à chaque opération.

([1]) E. Yung, *Des variations quantitatives de Plankton pour le lac Léman* (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, t. CXXIX, n° 18; 1899).

» Les pêches *verticales* de jour, effectuées le 12 novembre en des points différents et par des fonds supérieurs à 40^m, ont trouvé, pour une colonne d'eau de $20^m,50$ de hauteur, une moyenne de $0^{cc},52$ de Plankton. Nous relevons pour la moitié des pêches des écarts de 30 et 33 pour 100 sur cette moyenne. Or ces chiffres sont bien supérieurs à ceux qu'indique Apstein pour les lacs du Holstein où des différences de 20 à 22 pour 100 sont très rares.

Fig. 2.



» Les pêches *horizontales* de jour, faites à des intervalles éloignés dans la même région et dans la même zone, accusaient des variations de même ordre que les précédentes. Mais si l'on poursuit méthodiquement les expériences pendant douze heures consécutives, de minuit à midi par exemple, on aboutit à des résultats encore plus nets, comme l'indique le diagramme ci-dessus.

» Enfin, la comparaison des pêches verticales et des pêches horizontales du 12 novembre complète et confirme les données précédentes. Les résultats, pour des volumes d'eau égaux, peuvent être résumés ainsi :

	cc
1° Pêche horizontale de surface	0,12
2° Pêche horizontale à 3^m..........	0,14
3° Pêche verticale (jusqu'à $20^m,50$)..	0,52

» Nos observations tendent donc à établir que la répartition du Plankton dans le lac Chauvet n'est rien moins qu'uniforme. Et s'il était permis de

généraliser les résultats fournis par une quarantaine de pêches effectuées jusqu'ici, nous conclurions que la majorité des espèces, c'est-à-dire les espèces qui par leur volume constituent la plus grande partie du Plankton (Entomostracés), s'accumulent pendant le jour sous la profondeur pour fuir une radiation trop intense (pêches du 12 novembre). Pendant la nuit, elles remonteraient au voisinage de la surface, tout au moins jusqu'à la zone de 3^{m} (pêches du 22 octobre). Ce sont précisément les résultats auxquels aboutit Yung.

» Ces résultats viennent, il est vrai, à l'encontre de la théorie générale de l'uniformité du Plankton, si catégoriquement défendue par Apstein et acceptée par la plupart des naturalistes qui se sont occupés de recherches limnologiques; mais il nous semble difficile d'interpréter dans un autre sens les observations que nous venons de signaler. Pourquoi, d'ailleurs, les lacs offriraient-ils tous le même régime biologique, alors qu'ils diffèrent profondément entre eux par l'ensemble des caractères topographiques, physiques et chimiques? »

ANATOMIE ANIMALE. — *Sur la constitution du follicule ovarien des Reptiles* ([1]). Note de Mlle **Marie Loyez**, présentée par M. Ranvier.

« La granulosa du follicule ovarien chez les Reptiles est caractérisée par la présence de deux espèces de cellules : les unes, petites, ne sont autres que les cellules épithéliales ordinaires; les autres, beaucoup plus grandes, sont absolument semblables à de jeunes ovules.

» L'existence de ces deux sortes de cellules n'a été signalée que par un petit nombre d'observateurs, entre autres Gegenbaur, Waldeyer et Eimer. Récemment, Mingazzini ([2]) a comparé les plus grandes, qu'il appelle *cellules hypertrophiées,* à des œufs très jeunes; mais il semble considérer leur formation comme accidentelle et précédant la dégénérescence de l'œuf, alors qu'elle est tout à fait normale et caractéristique du follicule de Graaf des Reptiles.

» J'ai étudié sur des coupes les follicules du Lézard, de l'Orvet, de la Couleuvre, et partout j'ai rencontré la même disposition.

([1]) Travail fait au laboratoire d'Embryogénie comparée du Collège de France, sous la direction de M. Henneguy.

([2]) Pio Mingazzini, *Corpi lutei veri e falsi dei Rettili.* (Travaux du laboratoire d'Anatomie de l'Université royale de Rome, Vol. III, 1893.)

» Les ovaires ont été fixés soit par la liqueur de Flemming, soit par l'un des nombreux fixateurs au sublimé : liqueur de Gilson, liqueur de Zenker ; tous donnent de bons résultats, mais le liquide de Flemming est celui qui contracte le moins les éléments du noyau. Les colorations employées ont été les suivantes : pour les pièces fixées au sublimé, principalement l'hématoxyline et l'éosine, et pour les autres : la safranine avec la liqueur de Benda, ou la thionine et l'éosine, ou encore le rouge Magenta avec le carmin d'indigo et l'acide picrique.

» L'ovule très jeune est d'abord entouré d'une seule rangée de cellules épithéliales. Ces cellules se multiplient; quelques-unes d'entre elles prennent un développement considérable et en même temps se différencient de façon à présenter tous les caractères de jeunes ovules : leur protoplasma est clair et abondant; leur noyau, sphérique, renferme un gros nucléole et un réseau dont les points nodaux sont formés par de petits pseudo-nucléoles qui se colorent, ainsi que le nucléole vrai, par les colorants chromatiques.

» Ces pseudo-ovules forment bientôt une couche continue autour du protoplasma ovulaire, dont ils sont séparés par une mince membrane vitelline, tandis que les petites cellules, dont le nombre continue à s'accroître, les entourent à la partie externe du follicule et remplissent les intervalles laissés par les grandes cellules.

» Puis, apparaissent près de la membrane vitelline de nouvelles grosses cellules, qui résultent probablement de la division des premières, et qui repoussent ces dernières vers la périphérie. Celles-ci prennent alors une forme en entonnoir, comme l'a bien vu Eimer (¹), dont la pointe est dirigée vers la membrane vitelline avec laquelle elles restent ainsi en rapport. Les nouvelles cellules à leur tour sont repoussées par d'autres plus nouvellement formées, de sorte que, au moment où le follicule est arrivé à son maximum de développement, une coupe normale à la surface de l'œuf permet de constater la disposition suivante, en allant de la périphérie vers le centre :

» 1° Un épithélium folliculaire, formé de cellules très aplaties;

» 2° Une couche de petites cellules disposées en plusieurs rangées irrégulières;

» 3° Une région très importante de grosses cellules à différents états de développement, parmi lesquelles se voient encore quelques petites cellules;

» 4° Les membranes vitellines, au nombre de trois, dont la moyenne, la plus développée, est la *zona radiata*.

» Parmi les grandes cellules folliculaires, les plus petites, qui sont aussi les plus jeunes, sont en contact avec la membrane vitelline. Elles sont plus ou moins sphériques ou polyédriques, et renferment un protoplasma condensé qui retient facilement les substances colorantes; leur noyau, sphérique, possède une membrane assez épaisse et contient un très gros nucléole excentrique et des filaments avec des granulations de chromatine; le nucléole est homogène et se colore fortement par les colorants de la chromatine.

» Les cellules plus développées présentent cette forme allongée dont il a déjà été question, de façon à rester en rapport avec la membrane vitelline par un prolonge-

---

(¹) Th. Eimer, *Untersuchungen über die Eier der Reptilien* (*Archiv für mikroskopische Anatomie*, Bd VIII; 1872).

ment plus ou moins long. Les plus grandes, celles de la périphérie, sont généralement aplaties dans le sens de la surface de l'œuf, et coiffées par une calotte de petites cellules. Leur protoplasma est plus clair; leur noyau, également aplati, présente une membrane plus fine et contient un réseau délicat aux nœuds duquel la chromatine s'est condensée en un grand nombre de pseudo-nucléoles.

» Le gros nucléole est toujours coloré de la même manière que les granulations chromatiques, mais il peut renfermer une grande vacuole ou plusieurs petites, ou encore, comme chez la Couleuvre, un véritable réseau analogue à celui du noyau, plus fortement coloré que le reste du nucléole. Le prolongement de ces grandes cellules, long et sinueux, circule entre les autres cellules du follicule et pénètre jusqu'au vitellus; on peut le suivre à travers la membrane vitelline, principalement sur les coupes colorées par le rouge Magenta, le carmin d'indigo et l'acide picrique.

» Ces grosses cellules folliculaires paraissent avoir un rôle nutritif; elles diminuent de volume et disparaissent à mesure que l'œuf s'accroît. Elles semblent déverser leur contenu dans le vitellus par l'intermédiaire de leur prolongement. En effet, lorsqu'elles ont atteint leur maximum de développement, ce prolongement s'élargit en un véritable canal à travers la membrane vitelline; puis on voit dans le vitellus, au niveau de ces ouvertures, des taches plus colorées que les parties voisines et qui sembleraient indiquer que la substance de la cellule a passé dans le vitellus. La membrane vitelline se refermerait ensuite. Ce sont les cellules les plus extérieures qui disparaissent les premières; elles sont remplacées par d'autres plus nouvellement formées, qui disparaissent à leur tour; mais leur nombre diminue peu à peu, et le follicule s'amincit à mesure que le vitellus atteint tout son développement.

» En résumé, on peut dire que le follicule des Reptiles, au moins chez les Lacertiens et les Ophidiens, est composé de deux sortes de cellules : de petites cellules folliculaires ordinaires, et de grandes cellules semblables à de jeunes ovules que l'on peut considérer comme de véritables ovules abortifs, et dont la fonction est probablement de concourir à la formation du vitellus. Il est intéressant de rapprocher ce mode d'accroissement de l'œuf de celui signalé par Weismann pour l'œuf d'hiver des Daphnides et constaté depuis chez d'autres Invertébrés, mode dans lequel on voit un ovule se nourrir en absorbant d'autres ovules voisins ou les cellules folliculaires qui l'entourent. A l'inverse de ce qui s'observe dans la dégénérescence physiologique des follicules, où les cellules de la granulosa pénètrent dans l'ovule et exercent sur lui une action phagocytaire, pendant l'accroissement de l'ovule, c'est ce dernier qui joue le rôle de phagocyte par rapport aux cellules folliculaires. »

ÉCONOMIE RURALE. — *Essais de congélation sur les cidres.* Note de M. **Descours-Desacres**, présentée par M. d'Arsonval.

« I. On sait que la fabrication des cidres exige certaines additions d'eau, en l'absence desquelles on ne peut extraire du marc une suffisante quantité de jus; que cette eau peut être aussi dangereuse pour l'hygiène que nuisible à la fermentation. On sait que cette fabrication donne pour produits des moûts dont la densité, exceptionnellement de 12° Baumé, varie de 6° à 9° Baumé pour les cidres purs et de 4° à 6° pour les produits avec addition d'eau, ou *boissons*, titres insuffisants pour assurer toujours une fermentation normale et pour garantir une conservation des liquides de plus de quelques mois.

» On sait que les additions d'eau dans cette fabrication augmentent de 35 à 50 pour 100 le volume du jus naturel, déjà trop aqueux, et que les difficultés de logement ajoutées au défaut de conservation des liquides sont les seules raisons d'être d'une production ultérieure d'eau-de-vie, production toujours onéreuse. A une boisson saine on substitue *forcément* de l'alcool, alors même que la récolte suivante ne doit pas assurer une consommation à bon marché des boissons de cidre.

» II. Afin d'obvier à ces inconvénients, nous avons tenté de soustraire l'eau au cidre pur en la conservant comme sous-produit pour la fabrication des *boissons*.

» La congélation, dont les effets sur les cidres n'ont été qu'incomplètement étudiés, répond bien à ce desideratum. On parvient aisément, à l'aide des deux méthodes que nous allons indiquer, à dédoubler le cidre pur, sans altération des liquides.

» L'un des produits, le *produit de tête*, est une liqueur dont la densité atteint et peut dépasser celle des vins de liqueur les plus riches. L'autre, le *produit de queue*, est un liquide de titre très faible, pauvre en tanin, pouvant, chose imprévue, se conserver assez facilement, à l'abri des fermentations; c'est ce produit qui, dans la méthode nouvelle, remplace l'eau d'addition dans la fabrication des boissons.

» III. On peut utilement procéder aux opérations de la congélation quel que soit l'âge du cidre, mais l'expérience démontre que c'est au moment de la fabrication, c'est-à-dire parallèlement aux opérations du pressoir, qu'elles sont le plus avantageusement conduites.

» Deux méthodes se présentent avec des résultats sensiblement identiques : la *congélation en masse* et la *congélation fractionnée*.

» Pour opérer à l'aide de la première méthode il suffit d'abaisser, aussi lentement, environ vingt-quatre heures, et aussi uniformément que possible, la masse de cidre à congeler à la température de — 3° ou — 4° C.

» A l'issue de cette opération le cidre se présente sous la forme d'un bloc glacé strié d'une multitude de canaux capillaires qui contiennent un cidre très riche en sucre et en tanin. Au centre du bloc, le plus souvent, subsiste un noyau liquide de cidre également riche.

» On obtient par soutirage de ce bloc aux températures de — 2° puis — 1° et enfin 0° un cidre dont la densité, d'abord très élevée, diminue au fur et à mesure que le soutirage se poursuit.

» Les différentes phases de l'opération donnent donc une série d'échantillons de cidres dont les densités décroissent graduellement du début de l'opération, moment où cette densité peut atteindre 19° Baumé, à la fin de l'opération où elle tombe à 1° Baumé. Cette échelle permet à l'opérateur de retirer de la série tels échantillons de densité moyenne cherchée.

» Pour opérer à l'aide de la deuxième méthode il suffit d'abaisser la température du cidre à congeler à — 6° ou — 7° et de provoquer pendant l'opération un certain mouvement dans le liquide. La congélation se trouve alors fractionnée en une multitude de petits cristaux de titre peu élevé. Ces cristaux, retirés au fur et à mesure de leur formation et maintenus à la température de — 1° à — 2°, sont disposés sur un égouttoir en communication avec le récipient qui contient le cidre à traiter; on remue leur masse pour faciliter l'égout.

» L'opération est arrêtée lorsque le cidre traité a acquis la densité voulue, c'est le *produit de tête*. Les cristaux étant mis à égoutter à la température de — 1° puis de 0°, on recueille comme produit de leur fonte une série de cidres de densité de plus en plus basse jusqu'au produit extrême qui titre seulement de 1° à 2° Baumé.

» Des essais répétés nous ont démontré qu'il y avait intérêt, dans l'une comme dans l'autre méthode de congélation, à donner aux opérations l'un des deux types de séries suivants, qui répondent bien aux nécessités agricoles :

» Premier type. A. *Produits de tête*, dont la densité moyenne doit être de 40 à 50 pour 100 supérieure à la densité primitive. Soutirage à — 2° C.

» B. *Produits intermédaires*, destinés à être traités à nouveau et dont la densité moyenne doit être égale à la densité primitive. Soutirage à — 1° C.

» C. *Produits de queue*, fournis par le surplus de liquide et dont la densité ne doit pas dépasser 2° Baumé environ, pour servir à la fabrication des boissons. Soutirage à 2° C.

» Deuxième type. A. *Produits de tête* dont la densité moyenne doit être, comme dans le premier type, de 40 à 50 pour 100 supérieure à la densité primitive. Soutirage à — 2°.

» B. *Produits de queue*, destinés à être consommés seuls comme *boissons* dont la densité peut varier de 4° à 6° Baumé et dont la conservation est égale à celle des boissons ordinaires de même densité.

» IV. Nos expériences pendant l'année 1899 ont porté sur quatre échantillons de cidres purs et sur un échantillon de poiré ([1]). Voici les résultats de l'ensemble de ces expériences :

					Produits de tête.		Produits intermédiaires.		Produits de queue.	
Dates.	Échantillons.	Durée de l'expérience.	Température.	Densité du moût.	Densité.	Volume pour 100.	Densité.	Volume pour 100.	Densité.	Volume pour 100.
5 octobre.......	Pommes 1re saison	24^h	-1°	6° B.	8° B.	50	6° B.	33,33	3° B.	16,66
13 octobre.......	Pommes 2e saison	24	−2	7° B.	11°,5 B. 1087^{cc}	33,33	7° B.	33,33	2,5 B.	33,33
28 octobre.......	Poires de dernière saison	12	−1	5° B.	6° B.	50	»	»	4 B.	50
18 novembre.....	Pommes 2e saison	48	−3	8° B. 1060^{cc}.	15° B. 1116^{cc}	33,33	8° B. 1060^{cc}	25	2,4 B.	41,66
22 novembre.....	Pommes 3e saison	24	−5	11° B. 1083^{cc}.	17° B. 1132^{cc}	50	11° B. 1083^{cc}	16,66	2 B.	33,33

» V. Outre les avantages résultant d'une diminution dans la production de l'alcool comme aussi d'une fabrication plus hygiénique, d'une meilleure fermentation, d'une économie considérable dans le logement, d'un plus grand équilibre dans la valeur annuelle des produits et d'une diminution relative dans le prix des transports, la méthode de la congélation offre cet intérêt de donner lieu à un produit nouveau : le *produit de tête*.

» Ce *produit de tête* dont la densité doit varier, à l'état de moût, entre les points *extrêmes* de 10° à 18°B., est une liqueur riche en tanin, très sucrée ou très alcoolique suivant l'état auquel a été arrêtée la fermentation, de goût bien franc, rappelant par son bouquet les vins parfumés du midi de l'Europe.

» Il peut paraître, à ces différents points de vue, intéressant de vulgariser une méthode appelée à passer utilement, semble-t-il, du domaine de la Science dans le domaine de la pratique. »

CHIMIE INDUSTRIELLE. — *Recherches sur les bières à double face.* Note de M. **Van Laer**, présentée par M. Duclaux.

« 1. Il arrive parfois que des bières, claires et même absolument brillantes lorsqu'on les regarde par transparence, paraissent troubles quand on les examine par réflexion ; leur teinte, au lieu d'être franchement jaune ou

([1]) On ne peut considérer comme complètes les expériences sur ce dernier liquide dont la dissociation paraît plus difficile.

brune, est ternie comme si on les avait additionnées d'un fluide laiteux. Le flacon, examiné du haut, paraît contenir une liqueur opaque, couleur blanc sale avec une fluorescence jaune caractéristique. Cette maladie, très fréquente chez les faros et les lambics, plus rare et moins intense dans les bières ensemencées avec de la levure, porte, chez les praticiens bruxellois, le nom de *double face* ou *tweeskinde*, expression qui rappelle l'aspect si différent que présentent ces bières suivant qu'on les examine par transparence ou par réflexion.

» 2. Cet accident de fabrication est en relation étroite avec la fermentation visqueuse, dont les germes sont si fréquents dans les moûts de faro et de lambic que, si on laissait fermenter ces bières à une température trop élevée, il n'y aurait pas un seul fût dont le contenu ne deviendrait à la fois filant et à double face.

» En règle générale, quand une bière produite par ensemencement devient visqueuse, elle reste claire; à la longue la matière gommeuse disparaît et le liquide devenu franchement acide ne se présente que rarement avec la double face.

» Les bières bruxelloises à fermentation spontanée se comportent normalement de la même façon, mais il peut arriver que certaines d'entre elles, en redevenant fluides, conservent indéfiniment une double teinte.

» 3. Je suis parvenu à isoler de lambics à double face un bacille, le *Bacillus viscosus bruxellensis*. Ce bâtonnet, de $1^{\mu},7$ à $1^{\mu},8$ de long sur $0^{\mu},5$ à $0^{\mu},8$ de large, rend invariablement filant le moût de bière; il peut se développer dans certains milieux tels que l'eau de levure, additionnée ou non de certains sucres, sans y produire de filage. Pendant la croissance dans le moût de bière, la viscosité de celui-ci augmente jusqu'à un maximum pour décroître ensuite et revenir au point initial; au moment où la viscosité est la plus grande, la surface est recouverte d'une couche glaireuse, blanchâtre, envoyant des ramifications vers la profondeur. Cette matière peut être très facilement séparée du liquide sous-jacent moins visqueux par décantation. Dans les milieux qui ne deviennent pas visqueux sous l'influence de cet organisme ou dont la viscosité a disparu, on voit les bacilles entourés d'une capsule elliptique ou allongée, au milieu de laquelle la bactérie se dessine comme une ligne plus sombre, et qui est souvent étranglée en son milieu par suite d'un commencement de division.

» Dans les cultures filantes, les capsules sont réunies par une matière zoogléiforme intermédiaire, en une masse glaireuse s'écoulant comme du blanc d'œuf. Cette substance intermédiaire disparaît lorsque la période de viscosité est terminée; les microbes n'ont plus alors que leur capsule.

» 4. Le *Bacillus viscosus bruxellensis* se développe sur la plupart des milieux solides et liquides employés dans les laboratoires de bactériologie. Toutes autres choses égales, les différents moûts n'accusent pas le même degré de viscosité maximum. Les moûts denses et surtout les moûts de lambics deviennent plus filants que les autres. Il en est de même des moûts fabriqués avec du malt simplement séché à l'air.

» 5. Les bières à double face et les mêmes bières sucrées ne présentent rien de bien saillant au point de vue de la quantité et de la nature des acides qu'elles contiennent; mais il n'en est pas de même pour les teneurs relatives en extrait et en alcool. Les lambics malades renferment toujours moins d'alcool, et par suite plus d'extrait non décomposé, que les mêmes bières sucrées, parce que les ferments alcooliques ont été gênés dès le début par la présence du *B. viscosus*. Par suite de cette situation d'infériorité des levures, leurs adversaires ont pu consommer les matériaux de choix du milieu de culture. Dans les cas de filage tels qu'ils se présentent dans les bières produites par ensemencement, la viscosité ne se déclare que longtemps après la fermentation alcoolique, et l'activité des ferments visqueux ne s'exerce que sur des aliments médiocres, ceux que les levures ont laissés après la fermentation principale.

» 6. L'éducation peut modifier dans des limites très larges les effets du *B. viscosus bruxellensis*. Lorsque le microbe vieillit dans un moût exposé au contact de l'air pur, il finit par perdre définitivement la propriété de rendre filant un nouveau moût. Il en est de même si, pendant la période de développement, la culture est continuellement aérée. En l'absence de l'air, dans les moûts liquides et surtout dans les milieux gélatinisés recouverts d'une couche d'huile, le microbe se développe péniblement, mais il conserve toute son activité. Les semences les plus actives à ce point de vue sont celles qui proviennent de bouillon gélatinisé, complètement soustrait du contact de l'air par une couche d'huile.

» La composition azotée du milieu de culture joue aussi un rôle important dans l'allure de ce procès fermentatif.

» De l'eau de levure dextrosée, dans laquelle le *B. viscosus bruxellensis* se développe sans produire de filage, additionnée de peptone ou d'asparagine, devient régulièrement filante; de même si à du moût, redevenu fluide après avoir passé par une période de filage, on ajoute une solution d'urée ou d'asparagine, le liquide redevient visqueux.

» On peut s'assurer que le *B. viscosus bruxellensis* modifie les matériaux azotés de son milieu, en dehors de l'action qu'il exerce sur les substances hydrocarbonées.

» La matière visqueuse doit être considérée comme un mélange de composés azotés et de substances gommeuses, les premiers formant surtout les capsules bactériennes, les secondes constituant la masse gélatiniforme qui réunit les capsules et qui disparaît ensuite, transformée en acides.

» 7. Les *Mycoderma cerevisiæ* et certaines moisissures se comportent vis-à-vis d'un moût qui a filé comme le fait une addition de peptone, d'asparagine ou d'urée. Les cultures redeviennent visqueuses et conservent longtemps leur viscosité. Dans ces associations, le mycoderme, par exemple, dégrade les substances azotées restées dans le milieu de culture et les présente aux ferments visqueux sous une forme qu'ils utilisent aisément pour la production de leur capsule gélatineuse.

» 8. Les *B. viscosus bruxellensis* détruisent aussi une certaine quantité des hydrates de carbone mis à leur disposition, et les transforment en acide lactique et acides gras (acides acétique et butyrique), soit qu'ils les consomment directement, soit qu'ils les transforment au préalable en matières gommeuses.

» Toutes autres choses égales, la dextrose disparaît d'abord, puis viennent la saccharose, la maltose et la lactose. La saccharose est consommée sans que l'on trouve, à aucun moment de la culture, du sucre interverti dans la liqueur. »

PÉTROGRAPHIE. — *Sur les plagioliparites du cap Marsa (Algérie)* (1). Note de MM. **L. Duparc** et **F. Pearce**, présentée par M. Michel Lévy.

« En continuant à étudier les roches éruptives des environs de Ménerville sur le matériel rapporté par M. E. Ritter, nous avons trouvé au cap Marsa une série de types pétrographiques particulièrement intéressants. Nous décrirons pour le moment les liparites, réservant d'autres roches fort curieuses de la même localité, pour faire l'objet d'une Note ultérieure.

» Le pointement éruptif du cap Marsa forme un rocher qui s'avance dans la mer, et qui à l'arrière est recouvert par un cordon de dunes. Il est formé par une brèche éruptive composée de blocs de dimensions variées, enfermés dans une pâte liparitique. Ces blocs sont en grande majorité des liparites, accompagnées cependant de roches fort différentes.

» Les liparites du cap Marsa sont de couleur claire, grisâtre, verdâtre, violacée. Elles sont parfois caverneuses, la première consolidation peut y

---

(1) Genève, Laboratoire de Minéralogie de l'Université.

être rare, elle est toutefois toujours distincte et essentiellement quartzeuse; on distingue fréquemment des traînées visibles à l'œil nu.

» Les *phénocristaux* sont exclusivement représentés par la biotite, les plagioclases et le quartz. L'orthose manque absolument dans la première consolidation. Nous proposons en conséquence le nom de *plagioliparite* pour ces liparites particulières, caractérisées par l'absence de l'orthose et le développement des plagioclases.

» La *biotite* toujours très polychroïque, ng = noir, np = brun très pâle, est rare, et généralement à un axe négatif. Les *plagioclases* zonés présentent les profils $ph^1 a^{\frac{1}{2}}$, plus rarement a^1. Un nombre considérable de déterminations a montré une grande variété dans la composition des différentes zones. Les types qui prédominent sont des andésines comprises entre Ab^5An^3 et Ab^1An^1; on trouve aussi des oligoclases basiques ou des labradors compris entre Ab^1An^1 et Ab^2An^3.

» Le *quartz* est abondant, toujours fortement corrodé par les actions magmatiques.

» La *pâte* est variée, elle permet de distinguer plusieurs types, à savoir :

» 1. *Un type vitreux.* — La pâte est un verre plus ou moins coloré, souvent légèrement dévitrifié, avec quelques ponctuations opaques qui dessinent des traînées fluidales. Ce type est souvent caverneux.

» 2. *Un type globulaire.* — C'est le plus fréquent; il est formé par de grosses éponges de quartz (ou de feldspath), passant à des globules parfaitement sphériques, qui s'éteignent d'un seul coup. Ces éponges montrent souvent un accroissement concentrique, puis, par une série de formes vaguement fibreuses, elles passent aux sphérolithes à croix noire.

» Les variétés de passage ne s'éteignent plus franchement, mais d'une façon incomplète.

» Les éponges ou globules sont disséminés dans une base vitreuse qui généralement est très réduite et peut même disparaître complètement.

» 3. *Un type pétrosiliceux.* — Toute la pâte est formée par des petits sphérolithes fibro-radiés, alignés en traînées, réunis par une base généralement très réduite et toujours dévitrifiée. Ces sphérolithes sont bruns en lumière naturelle, ils donnent une croix noire assez nette, leurs fibres sont toujours positives en long. On rencontre dans ce type, comme dans le précédent, des fibres et des sphérolithes incolores et hyalins de calcédoine, négative en long.

» 4. *Un type perlitique à grands sphérolithes.* — La pâte est formée par des sphérolithes de grande dimension, toujours fibreux, donnant une croix noire d'une netteté remarquable. Ils sont bruns par transparence, leurs fibres sont constamment positives en long. Ces sphérolithes se développent souvent autour d'un phénocristal comme centre; ils sont réunis par un verre incolore, à fissures perlitiques multiples, qui peut être très abondant ou au contraire disparaître presque entièrement.

» La composition chimique de ces différentes roches reste identique, et ne dépend nullement de la structure de la pâte. Seules les variétés perlitiques ou vitreuses ont, comme d'habitude, une perte au feu plus élevée.

» La potasse prédomine, en général, sur la soude; il en résulte que, vu l'absence d'orthose dans la première consolidation, il faut nécessairement que cet élément se retrouve en partie dans les fibres des sphérolithes ou dans les éponges dont il a été question. Le signe des fibres implique la nécessité d'un orthose déformé qui serait alors allongé selon $h^1 g^1$.

Analyses.

	N° 4. Type pétrosiliceux.	N° 13. Type globulaire.	N° 40. Type perlitique.
SiO^2	77,99	76,82	72,74
Al^2O^3	12,50	12,46	12,70
Fe^2O^3	1,20	1,06	1,91
CaO	1,21	1,35	1,59
MgO	0,10	0,05	0,15
K^2O	4,95	5,71	4,10
Na^2O	2,99	2,85	3,60
Perte au feu	0,48	0,24	2,92
	101,42	100,54	99,71

La séance est levée à 4 heures.

M. B.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS DANS LA SÉANCE DU 2 JANVIER 1900.

Étude sommaire des taillis sans futaie, dans le bassin de la Saône, par M. MATHEY. Besançon, 1898; 1 fasc. in-8°. (Présenté par M. Duclaux; hommage de l'Auteur.)

Le son et la lumière et leurs rapports communs, par AZBEL; édition graphique coloriée. Paris, Hugues Robert et Cie, s. d.; 1 fasc. in-8°. (Hommage de l'Auteur.)

Toxalbumine retirée de la chair d'anguille de rivière, par M. ÉLOPHE BÉNECH. Paris, imp. Gauthier-Villars, 1899; 1 fasc. in-4°.

Société de Secours des Amis des Sciences. Compte rendu du trente-neuvième exercice: Séance publique annuelle tenue le 4 mai 1899. Paris, Gauthier-Villars, 1899; 1 vol. in-8°.

Annales de Chimie et de Physique, par MM. BERTHELOT, MASCART, MOISSAN. 7e série, janvier 1900, t. XIX. Paris, Masson et Cie, imp. Gauthier-Villars, 1900; 1 fasc. in-8°.

Le Magasin pittoresque. Directeur : CH. FROMENTIN. 68e année. 1er janvier 1900. Paris; 1 fasc. in-4°.

Beiträge zur Entwicklungsgeschichte der Reptilien. *Biologie und Entwicklung der äusseren Körperform von « Crocodilus madagascariensis » Grand*, von Dr A. Vœltzkow; mit 17 Tafeln und 18 Textfiguren. (Wissenschafliche Ergebnisse der Reisen in Madagaskar und Ostafrika, in den Jahren 1889-95, von Dr A. Vœltzkow. Bd. II, Heft 1.) Herausgegeb. v. der Senckenbergischen Naturforschenden Gesellschaft, XXVI, 1. — Francfurt a. M., 1899; 1 fasc. in-4°. (Présenté par M. Alfred Grandidier.)

Mikroscopische Physiographie der massigen Gesteine, von H. ROSENBUSCH. Dritte vermehrte u. verbesserte Auflage, mit 6 Tafeln in Photographiedruck, Erste u. Zweite Hälfte. Stuttgart, 1895-1896; 2 vol. in-8° (Hommage de l'Auteur.)

Elemente der Gesteinslehre, von H. ROSENBUSCH; mit 96 Figuren und 2 Tafeln. Stuttgart, 1898; 1 vol. in-8°. (Hommage de l'Auteur.)

Radiant energy a working power, by R. W. O. KESTEL. Port-Adélaïde, 1898; 1 vol. in-8°. (Hommage de l'Auteur.)

Vorlesungen über hydrodynamische Fernkräfte nach C. A. Bjerknes' Theorie, von V. BJERKNES, Professor an der Universität Stockholm. Bd. I; mit 40 Figuren in Text. Leipzig, 1900; 1 vol. gr. in-8°. (Hommage de l'Auteur.)

ERRATA.

(T. CXXIX, Séance du 26 décembre 1899.)

Note de M. *André Kling*, Oxydation biochimique du propylglycol :

Page 1252, 1253 et 1254, *au lieu de* acétal, *lisez* acétol.
Page 1254, ligne 9, *au lieu de* 13°, 30, *lisez* 3°, 30.

Note de M. *A. Poincaré*, Mouvements barométriques provoqués sur le méridien du Soleil par sa marche en déclinaison :

Page 1290, ligne 2, *supprimez* s au mot discutée.
Même page, Note (1), ligne 3, dans la parenthèse, *remplacez* I par 1.
Même page, même Note, ligne 5, I omis sous 21.
Page 1291, ligne 5, à partir du bas, *au lieu de* côté P — 2mm au-dessus, *lisez* côté P — 2mm, 5. Au-dessus....
Page 1291, Note (4) et page 1292, Note (1), à 15 juillet 1892, *substituez* 25 juillet 1898.
Page 1292, ligne 5 du bas, *le sous-titre* Écarts au pôle *devrait être en italiques*.

COMPTES RENDUS
DES SÉANCES
DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 8 JANVIER 1900,
PRÉSIDENCE DE M. MAURICE LÉVY.

CORRESPONDANCE.

M. **Beard**, MM. **Charbonnier** et **Gali-Aché**, MM. **Joanin** et **Houdas**, M. **Metzner** adressent des remercîments à l'Académie pour les distinctions accordées à leurs travaux.

M. le **Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts** transmet à l'Académie les renseignements adressés à M. le Ministre des Affaires étrangères par le Consul de France à Francfort-sur-Mein, au sujet d'un tremblement de terre ressenti le 20 décembre 1899.

« D'après les journaux de Mayence et de Francfort, une secousse assez forte résultant d'un tremblement de terre a été ressentie hier, entre 8^h30^m et 9^h du matin, dans ces deux villes ainsi que dans différentes localités de la province de Hesse-Rhénane et principalement à Weisenau, Laubenheim et Bodenheim.

» A Grossgerau, Bischofsheim, Königsstätten et Ruffelsheim, la secousse a duré environ deux secondes; sa violence a été telle que beaucoup d'habitants sont sortis

précipitamment de leurs maisons. Plusieurs toitures et murailles ont été endommagées.

» La secousse ne s'est produite que vers 8^h45^m, dans le sens vertical, à Barnheim, faubourg de Francfort, et n'a été remarquée que par quelques personnes qui ont cru à un affaissement de terrain, accompagné d'une sorte de crépitement. On n'a signalé aucun dégât. »

ASTRONOMIE. — *Observations du diamètre et de l'aplatissement de Jupiter.* Note de M. G. **Bigourdan**, communiquée par M. Lœwy.

« Les observations du cinquième satellite de Jupiter donnent, pour le mouvement de son périjove, une valeur supérieure à la valeur théorique, de sorte que ce périjove présente une anomalie analogue à celle du périhélie de Mercure.

» Comme la valeur théorique du mouvement de ce périjove dépend du diamètre et de l'aplatissement de Jupiter, nous donnons ci-après diverses observations qui fournissent ces éléments.

» On sait que les mesures de diamètres sont sujettes à des erreurs systématiques dépendant du micromètre employé, de la puissance et de la perfection de l'objectif, de l'éclairage du fond du champ, etc.

» Nos observations ont été faites avec l'équatorial de la tour de l'Ouest, de $0^m,305$ d'ouverture, et un micromètre à vis micrométrique; mais au lieu des fils d'araignée ordinaires, nous avons employé des pointes très fines, déjà utilisées dans d'autres observations, et dont l'usage est particulièrement avantageux dans les mesures de diamètres. On a toujours procédé par doubles distances.

» Le fond du champ a toujours été éclairé par de la lumière artificielle, à peu près blanche, excepté dans les observations du 22 février 1894, où le champ était éclairé par la lumière du jour. L'oculaire employé donne un grossissement de 350.

» Les lettres E, P désignent respectivement le diamètre équatorial et le diamètre polaire.

Dates.		Angle horaire.	Diam.	Double diam. mesuré.	Réfract.	Corr. pour la phase.	Diam. conclu.	Diff.	Aplatissement.
1893 Nov.	27....	$-1^h.36^m$	P	1'.33",68	0",02	»	46",86	2",86	$\frac{1}{17,38}$
	27....	−1.31	E	1.39,38	0,01	0,02	49,72		
	27....	−1.26	E	1.39,44	0,01	0,02	49,75	3,53	$\frac{1}{14,09}$
	27....	−1.20	P	1.32,40	0,02	»	46,22		

Dates.			Angle horaire.	Diam.	Double diam. mesuré.	Réfract.	Corr. pour la phase.	Diam. conclu.	Diff.	Aplatissement.
			h m		′ ″	″		″		
		27....	−1.12	P	1.32,64	0,02	»	46,34	3,32	$\frac{1}{14,96}$
		27....	−1. 4	E	1.39,26	0,01	0,02	49,66		
	Déc.	15....	−1.36	P	1.30,70	0,02	»	45,37	3,55	$\frac{1}{13,78}$
		15....	−1.32	E	1.37,58	0,01	0,12	48,92		
		23....	−3.55	E	Diam. simple.	0,04	0,18	44,30	»	»
		29....	−3.21	P	1.27,66	0,03	»	43,86	2,73	$\frac{1}{17,07}$
		29....	−3.17	E	1.32,67	0,02	0,23	46,59		
		29....	−0.39	P	1.26,33	0,02	»	43,19	3,34	$\frac{1}{13,93}$
		29....	−0.35	E	1.32,58	0,01	0,23	46,53		
1894	Fév.	4....	−0.41	P	1.17,68	0,02	»	38,86	2,38	$\frac{1}{17,33}$
		4....	−0.36	E	1.21,67	0,01	0,39	41,24		
		22....	+0.33	P	1.13,55	0,02	»	36,80	2,29	$\frac{1}{17,07}$
		22....	+0.36	E	1.17,44	0,01	0,36	39,09		
		24....	+0.44	P	1.12,80	0,02	»	36,42	2,30	$\frac{1}{16,84}$
		24....	+0.50	E	1.16,68	0,02	0,36	38,72		
	Déc.	25....	−0.16	P	1.30,80	0,02	»	45,42	2,93	$\frac{1}{16,50}$
		25....	−0.12	E	1.36,67	0,01	0,00	48,35		
1896	Fév.	3....	−0.53	P	1.26,36	0,02	»	43,20	2,81	$\frac{1}{16,37}$
		3....	−0.40	E	1.31,93	0,01	0,03	46,01		
		3....	−0.51	P	1.26,43	0,02	»	43,24	3,08	$\frac{1}{15,04}$
		3....	−0.34	E	1.32,55	0,01	0,03	46,32		

» Les *diamètres conclus* précédents, ramenés à la distance moyenne 5,20, deviennent :

Dates.			Diamètre équatorial.	Diamètre polaire.
1893	Nov.	27.........	38″,66	36″,44
		27.........	38,69	35,94
		27.........	38,62	36,04
	Déc.	15.........	39,07	36,23
		23.........	»	36,02
		29.........	38,48	36,23
		29.........	38,44	35,68
1894	Fév.	4.........	38,32	36,11
		22.........	38,51	36,25
		24.........	38,38	36,10
		25.........	38,68	36,34
1896	Fév.	3.........	38,23	35,89
		3.........	38,48	35,92
			38,55	36,09

» Les valeurs conclues sont donc les suivantes :

Diamètre équatorial.....	38",55	correspondant à la dist. moy. 5,20
» polaire.......	36,09	
Aplatissement..........	$\frac{1}{15,70}$	

ASTRONOMIE. — *Observation de l'éclipse partielle de Lune du* 16 *décembre* 1899, *faite à l'observatoire de Besançon*, par M. **P. Chofardet**. Note communiquée par M. L.-J. Gruey et présentée par M. Lœwy.

« Le ciel, couvert de cirrus, ne nous a pas permis l'observation de l'entrée de la Lune dans l'ombre. Ce n'est qu'à $12^h 39^m$ que les nuages se sont dispersés et que nous avons pu suivre la marche du phénomène.

» A $12^h 42^m,1$, l'arc formé sur la Lune, par le bord gris brun de l'ombre, s'étend de 38 Democritus à 241 Lehmann; la portion éclipsée est gris cendré avec un fond rouge au N.-E.

» A $13^h 49^m,0$, moment approximatif du milieu de l'éclipse, l'ombre, qui est gris bleu au S., gris rose dans la région équatoriale et rouge brique au N., couvre la presque totalité de la Lune; un mince filet blanc se distingue encore à 184° d'angle de position. L'ensemble de ces plages colorées tourne lentement dans le sens des aiguilles d'une montre et se modifie, en allant vers le gris, à mesure que l'ombre se retire.

» A $14^h 38^m,3$, le bord de l'ombre est assez nettement défini par une ligne brune allant de 162 Seleucus à 379 Marinus; l'ombre est généralement cendrée, mais encore rouge au N.-O. Ces teintes se fondent un peu plus tard en une couleur uniformément grise.

» La sortie de l'ombre s'effectue par un angle de position égal à 301°21′ et à $15^h 29^m 30^s$.

» Pendant cette éclipse, nous avons observé quelques occultations d'étoiles par la Lune. Ces étoiles avaient été choisies préalablement dans le Catalogue de l'*Astronomische Gesellschaft* (Berlin B.).

Étoiles occultées.

Immersions.		Émersions.	
Étoiles.	Temps moyen de Besançon. h m s	Étoiles.	Temps moyen de Besançon. h m s
a	12.55.54,5	*a*	14.10.25,9
b	13.32.13,1	*e*	14.12.21,1
c	13.32.14,8	*f*	14.18.20,1
d	13.40. 2,8	*b*	14.38.58,7
		d	14.39. 0,2
		c	14.46.34,6

L'émersion de l'étoile *d* est incertaine de $\pm 1^s$.

Positions moyennes des étoiles occultées.

Étoiles.	Grandeur.	Autorité.	Asc. droite moyenne 1899,0.	Réduction au jour.	Distance polaire 1899,0.	Réduction au jour.
			h m s	s		
a.......	6,5	AG. Berlin B., n° 1883	5.35.57,54	+6,17	67°.23'.25",4	— 1",5
b.......	8,3	Id. n° 1894	5.36.55,56	+6,17	67.22.23,4	— 1,4
c.......	8,4	Id. n° 1893	5.36.53,99	+6,16	67.35.15,8	— 1,4
d.......	8,8	Id. n° 1896	5.37. 2,90	+6,17	67.20.53,0	— 1,3
e.......	8,1	Id. n° 1880	5.35.53,40	+6,17	67.29.58,7	— 1,5
f.......	9,0	Id. n° 1887	5.36. 5,97	+6,17	67.27. 9,0	— 1,5

Toutes ces observations ont été faites, à l'équatorial coudé, avec un grossissement de 67 et sont données en temps moyen de Besançon.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Sur la valeur absolue des éléments magnétiques au 1er janvier* 1900. Note de M. **Th. Moureaux**, présentée par M. Mascart.

« Les observations magnétiques, dans les observatoires du Parc Saint-Maur, de Perpignan et de Nice, sont poursuivies régulièrement et sans lacunes. Les trois stations sont pourvues d'appareils identiques : un magnétographe de M. Mascart, et des boussoles de Brunner pour la mesure absolue de la déclinaison, de l'inclinaison et de la composante horizontale. Les courbes de variations, dont les repères sont fréquemment vérifiés, sont dépouillées pour chaque heure du jour.

» Les valeurs des éléments magnétiques au 1er janvier 1900 sont déduites de toutes les valeurs horaires relevées le 31 décembre 1899 et le 1er janvier 1900, rapportées à des mesures absolues faites au Parc Saint-Maur les 29, 30 décembre, 2 et 3 janvier, à Perpignan les 27 et 30 décembre, à Nice les 30 et 31 décembre.

» Comme les années précédentes, les observations magnétiques de Perpignan sont faites par M. Cœurdevache, sous la direction de M. le Dr Fines, et celles de Nice par M. Auvergnon.

Valeurs absolues des éléments magnétiques au 1er janvier 1900.

	Parc Saint-Maur.	Perpignan.	Nice.
Longitude E...............	0° 9'23"	0°32'45"	4°57'48"
Latitude N................	48°48'34"	42°42' 8"	44°43'17"
Déclinaison occidentale......	14°47',56	13°40',25	12° 1',86
Inclinaison.................	64°55', 2	59°59', 5	60°10', 4

	Parc Saint-Maur.	Perpignan.	Nice.
Composante horizontale	0,19711	0,22421	0,22416
Composante verticale	0,42117	0,38821	0,39099
Composante nord...........	0,19058	0,21786	0,21924
Composante ouest	0,05033	0,05299	0,04672
Force totale................	0,46501	0,44831	0,45069

» La variation séculaire des différents éléments résulte de la comparaison entre les valeurs actuelles et celles qui ont été données pour le 1er janvier 1899 (¹).

Variation séculaire des éléments magnétiques en 1899.

	Parc Saint-Maur.	Perpignan.	Nice.
Déclinaison	—3′,89	—4′,83	—4′,28
Inclinaison.................	—2′,3	—1′,4	—2′,5
Composante horizontale	+0,00029	+0,00018	+0,00051
Composante verticale........	—0,00010	—0,00005	+0,00024
Composante nord...........	+0,00034	+0,00025	+0,00056
Composante ouest	—0,00014	—0,00026	—0,00017
Force totale................	+0,00003	+0,00005	+0,00046

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la théorie des erreurs.* Note de M. **Estienne**, présentée par M. Appell.

« Gauss a démontré que si l'on admet seulement que la loi des erreurs d'observation est telle que la somme des erreurs positives soit égale à la somme des erreurs négatives, on a sensiblement pour la probabilité P'_n que la moyenne arithmétique de n observations soit affectée d'une erreur moindre que ε

$$P'_n = \Theta\left(\frac{\varepsilon\sqrt{\frac{n}{2}}}{q}\right),$$

q désignant l'écart moyen quadratique.

» Il y a là une justification remarquable de la règle de la moyenne arithmétique. Dans l'ignorance où l'on est de la loi particulière suivie par les écarts dans le cas considéré, cette règle fournit une valeur qui, sans être la meilleure, a une approximation parfaitement déterminée.

(¹) *Comptes rendus*, t. CXXVIII, p. 94; 1899.

» Je me propose de démontrer que la valeur médiane des nombres obtenus, rangés par ordre de grandeur, jouit d'une propriété analogue quelle que soit la loi des erreurs, *sans aucune restriction.*

» Soit $p_1(\varepsilon)$ la probabilité de faire en une observation une erreur inférieure à ε. On a $p_1(0) = 0$, $p_1(-\infty) = p_1(+\infty) = \frac{1}{2}$ et la fonction est constamment croissante de 0 à $\pm\infty$. Pour le reste, la fonction $p_1(\varepsilon)$ est quelconque.

» Soit $p_{2n+1}(\varepsilon)$ la probabilité que la valeur médiane de $2n+1$ observations (la considération d'un nombre d'observations impair rend la démonstration plus brève) soit affectée d'un écart inférieur à ε.

» Il est remarquable que p_{2n+1} s'exprime explicitement en fonction de p_1.

» Écrivons, en effet, la probabilité de l'événement composé :

» 1° De l'obtention du nombre médian a_{n+1} en $2n+1$ épreuves, qui a la probabilité

$$(2n+1)\,dp_1;$$

» 2° De l'obtention dans les $2n$ autres observations de n écarts inférieurs à a_{n+1} et de n écarts supérieurs, événement qui, d'après le théorème de Bernoulli, a la probabilité

$$C_{2n}^{n}\left(\frac{1}{2}+p_1\right)^n\left(\frac{1}{2}-p_1\right)^n.$$

» L'événement composé considéré a une probabilité proportionnelle au produit des précédentes, soit à

$$(1-4p_1^2)^n\,dp_1.$$

» Si l'on considère que cet événement a pour cause la supposition que a_{n+1} est affecté d'une erreur ε, supposition qui a la probabilité dp_{2n+1} d'après notre notation, on trouve, en appliquant la règle de Bayes :

$$dp_{2n+1} = \frac{(1-4p_1^2)^n\,dp_1}{2\int_0^{\frac{1}{2}}(1-4p_1^2)^n\,dp_1},$$

ou, en posant $2p_1 = z$,

$$p_{2n+1}(\varepsilon) = \frac{\int_0^{2p_1(\varepsilon)}(1-z^2)^n\,dz}{2\int_0^1(1-z^2)^n\,dz}.$$

Telle est la relation explicite, rigoureusement exacte, entre p_{2n+1} et p_1.

» Quand n est grand [pour $n > 9$, $\Theta(\sqrt{n}) = 1$], il est commode de remplacer cette relation rigoureuse par une autre très approchée en faisant intervenir la fonction Θ par une transformation bien connue.

» On trouve

$$p_{2n+1} = \frac{\Theta(2p_1\sqrt{n})}{2}.$$

» Enfin, comme on a l'habitude de considérer les écarts, abstraction faite de leur signe, on trouve aisément qu'en désignant par $P_{2n+1}(\varepsilon)$ la probabilité que la valeur médiane soit erronée de moins de ε en valeur absolue et $P_1(\varepsilon)$ la probabilité de faire une erreur inférieure à ε dans une mesure isolée

$$P_{2n+1} = \Theta(P_1\sqrt{n}).$$

» En faisant, par exemple, $P_1 = \frac{1}{2}$ et $n = 9$, on voit que l'écart probable r, qui avait une chance sur deux d'être dépassé en une mesure isolée, n'a plus qu'une chance sur vingt de l'être par la valeur médiane de dix-neuf observations.

» Comme $P_1(\varepsilon)$ est une fonction qui croît constamment de 0 à 1 quand ε croît de 0 à ∞, et que $\Theta(z)$ croît très rapidement avec z, des différences notables dans la valeur de P_1 ont peu d'influence sur la valeur de P_{2n+1} dès que $P_1\sqrt{n}$ est grand, et l'on peut remplacer $P_1(\varepsilon)$ par $\frac{\varepsilon}{k}$, $y = \frac{\varepsilon}{k}$ étant la tangente à l'origine de la courbe $y = P_1(\varepsilon)$. On obtient ainsi

$$P_{2n+1}(\varepsilon) = \Theta\left(\frac{\varepsilon}{k}\sqrt{n}\right).$$

La formule de Gauss, rappelée plus haut, donne pour la probabilité $P'_{2n+1}(\varepsilon)$ que la moyenne arithmétique soit erronée de moins de ε

$$P'_{2n+1}(\varepsilon) = \Theta\left(\frac{\varepsilon}{q}\sqrt{n + \frac{1}{2}}\right).$$

» La comparaison des deux valeurs est maintenant aisée : si $q < k$ la moyenne arithmétique vaut mieux; si $q > k$ la valeur médiane est préférable. Or la quantité k est toujours plus grande que $2r$, r désignant l'écart probable, car dans les erreurs d'observation la courbe $y = P_1(\varepsilon)$ a une forme convexe vers les y positifs; le coefficient angulaire $\frac{1}{k}$ de la tangente à l'origine est donc plus grand que le coefficient angulaire d'un point quelconque P de la courbe, en particulier que celui du point P qui a pour

abscisse l'écart probable r et pour ordonnée $\frac{1}{2}$ par conséquent; donc $\frac{1}{k} > \frac{1}{2r}$ ou $k < 2r$; si donc $q > 2r$ *a fortiori* $q > k$ et la valeur médiane doit être préférée.

» Quand l'on possède un nombre suffisant d'observations, on peut en déduire des valeurs approchées de l'écart quadratique q et de l'écart probable r; si le rapport $\frac{q}{r} > 2$ la valeur médiane vaut mieux. Ce rapport est 1,5 pour la loi classique qui donne à la moyenne arithmétique un maximum de probabilité. Mais on peut faire mieux que choisir la meilleure règle, en les combinant. On prouverait aisément que, ceci est essentiel, si l'on ne connaît de la loi des erreurs que les quantités q et r ou leur rapport, la meilleure valeur s'obtient en prenant la moyenne de la valeur médiane affectée d'un poids q et de la moyenne arithmétique affectée d'un poids $2r$. La démonstration m'entraînerait trop loin. »

PHYSIQUE. — *Sur la valeur de la pression interne dans les équations de Van der Waals et de Clausius.* Note de M. **Daniel Berthelot**, présentée par M. H. Becquerel.

« Dans une Communication antérieure j'ai fait connaître l'expression générale, applicable aussi bien aux liquides qu'aux gaz, qui relie le poids moléculaire des fluides à leur densité (*Comptes rendus*, 27 février 1899), et j'ai calculé, en partant de la formule de Van der Waals, les courbes d'ensemble qui donnent les écarts entre la densité réelle d'un fluide et celle qu'exigerait la loi d'Avogadro.

» Ces courbes représentent bien l'allure générale des phénomènes, mais, par suite de l'insuffisance de l'équation de Van der Waals, elles laissent à désirer au point de vue quantitatif. J'ai été amené par là à comparer à l'ensemble des résultats expérimentaux que nous possédons aujourd'hui les diverses formules proposées pour l'équation caractéristique des fluides, et j'ai pu arriver à des résultats fort simples et fort satisfaisants numériquement pour l'ensemble de l'état liquide.

» Comme dans mes recherches précédentes, je me suis laissé guider par la loi des états correspondants. La belle vérification géométrique de M. Amagat a montré que, en adoptant les variables réduites de Van der Waals, c'est-à-dire les rapports $\varpi = \frac{p}{p_c}$,

$\theta = \frac{T}{T_c}$, $\upsilon = \frac{v}{v_c}$ de p, T, v à leurs valeurs critiques, cette loi se vérifie mieux qu'aucune des formules essayées jusqu'ici pour la fonction caractéristique $f(p, v, T) = 0$. Il a constaté notamment qu'au voisinage de la température critique, les isothermes de l'anhydride carbonique, de l'éthylène et de l'air atmosphérique se superposent fort bien.

» Il en résulte que l'équation caractéristique ne doit pas contenir plus de trois constantes spéciales au corps étudié.

» La marche que je suivrai est la suivante. Je me borne à considérer les équations à trois constantes; j'en déduis, par la méthode de M. Sarrau, les éléments du point critique et les équations réduites communes à tous les corps; je compare les isothermes réduits ainsi calculés à ceux que l'on déduit des expériences de M. Amagat.

» Prenons comme point de départ l'équation de Van der Waals

$$\left(p + \frac{a}{v^2}\right)(v - b) = RT,$$

dans laquelle $a : v^2$ représente la pression interne due à l'attraction des molécules et b le covolume, la constante R étant celle qui figure dans l'équation $pv = RT$ des gaz parfaits.

» Parmi les modifications qui ont été proposées, je laisserai de côté, pour commencer, celles, assez nombreuses, qui introduisent certains facteurs de température. Il est aisé de voir que ces facteurs peuvent toujours être supposés égaux à l'unité sur l'isotherme critique réduit.

» Je me bornerai donc, pour simplifier le problème, à comparer les *isothermes critiques réduits* fournis par les diverses équations à l'*isotherme critique expérimental de l'anhydride carbonique pris comme type*. Il est clair que, si une équation ne peut pas représenter l'isotherme critique, elle ne pourra pas *a fortiori* représenter l'ensemble d'un réseau.

» Dans la figure ci-jointe on a porté en ordonnées les valeurs des produits $\varpi\upsilon$ et en abscisses les valeurs de ϖ.

» L'isotherme critique de Van der Waals est déduit de l'équation

$$(1) \qquad \left(\varpi + \frac{3}{\upsilon^2}\right)\left(\upsilon - \frac{1}{3}\right) = \frac{8}{3}\theta.$$

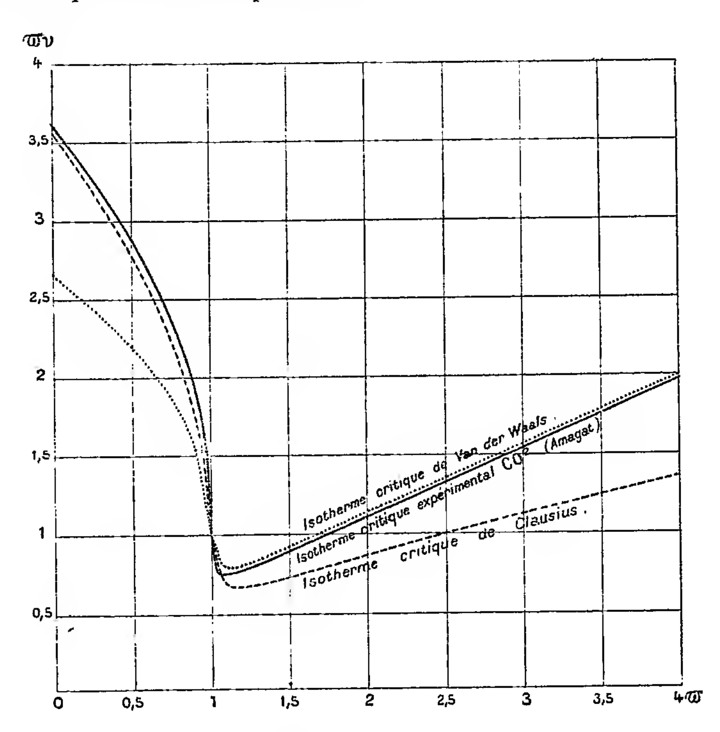
» Si l'on part du point critique où les isothermes passent tous, par définition, la figure montre que *l'isotherme de Van der Waals suit fidèlement l'isotherme expérimental pour des pressions supérieures à la pression critique* (la concordance se maintient bien en dehors des limites du dessin jusqu'au delà de $\pi = 15$); *mais pour des pressions décroissant de la pression critique à la pression atmosphérique, il s'en écarte de plus en plus, en sorte que, pour les faibles pressions, le volume calculé est inférieur de* 30 *pour* 100 *au volume réel* (¹). La valeur de l'ordonnée initiale est

---

(¹) Cf. *Comptes rendus* du 15 mai 1899; *Journal de Physique,* octobre 1899.

égale en effet à 3,60 sur l'isotherme expérimental, et à 2,67 sur l'isotherme calculé (¹).

» Le problème qui se pose est le suivant : Peut-on, en modifiant l'équation de Van der Waals, conserver la concordance qui existe pour les fortes pressions, tout en améliorant la courbe pour les faibles pressions?



» Clausius, guidé par des considérations d'ordre empirique, a remplacé le terme $a : v^2$ de Van der Waals par $a : (v+q)^2$, q étant une nouvelle constante. Remarquons que l'on peut poser $q = nb$ et que, pour que la loi des états correspondants s'applique, il faut que n soit le même pour tous les corps. J'ai figuré sur le dessin la courbe

(¹) Je rappelle que j'ai indiqué (*Comptes rendus*, février et mars 1899) que, pourvu que l'équation caractéristique ne contienne pas plus de trois constantes (en d'autres termes, obéisse à la loi des états correspondants), il existe au point critique un rapport constant, le même pour tous les corps, entre le volume réel d'un fluide et son volume idéal, calculé en le supposant à l'état de gaz parfait. J'ai fait remarquer également que ce rapport est égal à 8:3 ou 2,67 d'après l'équation de Van der Waals, et à 3,60 d'après l'expérience. Dans le système de coordonnées adopté ici, la valeur de ce rapport est donnée par l'ordonnée initiale : le fait que l'isotherme réduit doit être le même pour tous les corps constitue donc une démonstration géométrique très simple du théorème énoncé.

obtenue en faisant $n = 3$. L'équation réduite devient

$$(2)\qquad \left[\varpi + \frac{16}{3}\frac{1}{(\upsilon + \frac{1}{3})^2}\right]\left(\upsilon - \frac{1}{9}\right) = \frac{32}{9}\theta.$$

Le point de départ de l'isotherme calculé se rapproche beaucoup de celui qui est donné par l'expérience. L'ordonnée initiale (qui est égale au coefficient du terme en θ) prend la valeur $32:9$ ou $3,55$, et les deux courbes s'accompagnent jusqu'au point critique. En revanche, la concordance cesse d'exister ([1]) pour les pressions supérieures à la pression critique : car, à pression croissante (comme le montre la seconde parenthèse du premier membre), υ tend vers la valeur limite $\frac{1}{9}$ et non, comme l'indiquent l'expérience et l'équation (1), vers $\frac{1}{3}$.

» *La modification apportée par Clausius à la formule de Van der Waals a pour effet de faire basculer l'isotherme autour du point critique. Elle ne rétablit la concordance avec l'expérience pour les faibles et moyennes pressions* ([2]) *qu'en la détruisant pour les fortes pressions.*

» Il est cependant possible d'éviter cet inconvénient : d'après ce qui précède, pour que l'équation réduite donne un résultat satisfaisant sur les deux portions de l'isotherme critique, il faut conserver, dans la seconde parenthèse du premier membre, le facteur $\upsilon - \frac{1}{3}$, tout en attribuant au coefficient du terme en θ une valeur voisine de 3,6. On y arrive en allant encore plus loin dans l'ordre d'idées indiqué par Clausius, et en remplaçant le terme $a : v^2$ non pas par $a : (v + nb)^2$, mais par $a : (v^2 + 2lvb + mb^2)$. On a alors dans l'équation réduite un terme $\alpha : (\upsilon^2 + 2\lambda\upsilon + \mu)$; on détermine les coefficients α, λ, μ par les conditions $\varphi(\varpi, \upsilon, \theta) = 0$, $\frac{d\varpi}{d\upsilon} = 0$, $\frac{d^2\varpi}{d\upsilon^2} = 0$, au point critique, ce qui donne finalement

$$(3)\qquad \left(\varpi + \frac{1}{3}\frac{\overline{13}^3}{108\upsilon^2 + 96\upsilon - 35}\right)\left(\upsilon - \frac{1}{3}\right) = \frac{32}{9}\theta.$$

» Cette équation conduit à un isotherme critique qui suit assez bien l'isotherme expérimental dans toute son étendue. Elle permet d'ailleurs de discuter les problèmes relatifs aux fluides en faisant intervenir pour chaque corps seulement trois constantes (les plus simples sont la pression critique, la température critique et le poids moléculaire).

([1]) Il est clair que, si l'on prenait une autre valeur de n telle que $n = 2$, la discordance serait moins grande pour les fortes pressions, mais aussi la concordance moins bonne pour les faibles pressions.

([2]) Ce qui précède explique la faveur qu'a rencontrée l'équation de Clausius : envisagée à un point de vue purement empirique, sa forme se prête mieux à la représentation des résultats obtenus pour les gaz sous des pressions inférieures à la pression critique que celle de Van der Waals. En revanche, cette dernière convient mieux pour les gaz très comprimés et les liquides.

» Cette expression de la pression interne, comme celle de Clausius, est fondée sur des raisons empiriques. Il n'en est pas de même des modifications proposées récemment pour l'expression du covolume dans la formule de Van der Waals. Des travaux considérables, inspirés par des vues purement théoriques, ont été publiés depuis deux ans sur ce point, par MM. Van der Waals, Van Laar, Jæger, Boltzmann. J'examinerai dans une Note prochaine jusqu'à quel point ils s'accordent avec l'expérience. »

PHYSIQUE. — *Action du champ magnétique sur les rayons de Becquerel. Rayons déviés et rayons non déviés* (¹). Note de M. **P. Curie**, présentée par M. H. Becquerel.

« L'hétérogénéité la plus importante dans le rayonnement des corps radioactifs est celle qui vient d'être révélée par l'action du champ magnétique (²).

» MM. Mayer et v. Schweidler ont constaté que les rayonnements d'un bromure de baryum radifère préparé par M. Giesel et d'un carbonate préparé par nous n'étaient pas modifiés dans la même proportion par le champ magnétique.

» M. Giesel a obtenu la déviation des rayons du polonium dans un champ magnétique avec un échantillon qu'il avait récemment préparé; tandis que M. Becquerel n'a obtenu aucune déviation avec du polonium préparé par nous depuis un mois.

» J'ai étudié l'action du champ magnétique sur les rayons de Becquerel en employant une méthode qui permet de faire des mesures quantitatives.

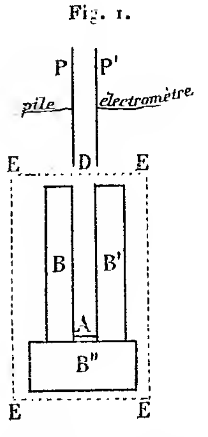
» Le corps radioactif A (*fig.* 1) envoie des radiations suivant la direction AD entre les plateaux P et P'. Le plateau P est maintenu au potentiel de 500 volts, le plateau P' est relié à un électromètre et à un quartz piézoélectrique. On mesure à l'aide du quartz l'intensité du courant qui passe dans l'air sous l'influence des radiations. On peut à volonté établir le champ magnétique d'un électro-aimant normalement au plan de la figure dans toute la région EEEE. Si les rayons sont déviés même faiblement, ils ne pénètrent plus entre les plateaux, et le courant est supprimé. La région où passent les rayons est entourée par les masses de plomb B, B', B'' et par les armatures

(¹) Ce travail a été fait à l'École municipale de Physique et de Chimie industrielles.

(²) La déviation des rayons de Becquerel par le champ magnétique a été constatée d'une façon indépendante et à peu de temps d'intervalle par M. Giesel (*Wied. Ann.*, t. 69, p. 834), par MM. Meyer et v. Schweidler (*Acad. Vienne*, 3 et 9 novembre 1899) et par M. Becquerel (*Comptes rendus*, 11 décembre 1899).

de l'électro-aimant; quand les rayons sont déviés, ils sont absorbés par les masses de plomb B et B'.

Fig. 1.



» Les résultats obtenus dépendent essentiellement de la distance AD du corps radiant A à l'entrée du condensateur en D. Si la distance AD est assez grande (supérieure à $0^m,07$), tous les rayons du radium qui arrivent au condensateur sont déviés et supprimés par un champ de 2500 unités. Si la distance AD est plus faible que $0^m,065$, une partie seulement des rayons est déviée par l'action du champ; cette partie est d'ailleurs déjà complètement déviée par un champ de 2500 unités, et la proportion de rayons supprimés n'augmente pas si l'on fait croître le champ de 2500 à 7000 unités.

» La proportion des rayons non déviés est d'autant plus grande que la distance AD entre le corps radiant et le condensateur est plus petite. Pour des distances faibles, les rayons qui peuvent être déviés ne constituent plus qu'une très faible fraction du rayonnement total.

» Voici pour un échantillon de carbonate de baryum radifère les résultats obtenus :

» Dans la première ligne figure la distance AD en centimètres. En supposant égal à 100 le courant obtenu sans champ magnétique pour chaque distance, les nombres de la deuxième ligne indiquent le courant qui subsiste quand le champ agit. Ces nombres peuvent être considérés comme donnant le pourcentage de rayons non déviables.

Distance....................	7,1	6,9	6,5	6,0	5,1	3,4
Pour 100 rayons non déviés...	0	0	11	33	56	74

» Les rayons déviables sont les plus pénétrants.

» Lorsque l'on tamise le faisceau au travers d'une lame absorbante (aluminium ou papier noir), les rayons qui passent sont tous déviables par le

champ, de telle sorte qu'à l'aide de l'écran et du champ magnétique, tout le rayonnement est supprimé dans le condensateur. Une lame d'aluminium de $\frac{1}{100}$ de millimètre d'épaisseur suffit pour supprimer tous les rayons non déviables, quand la substance est assez loin du condensateur; pour des distances plus petites ($0^m,034$ et $0^m,051$), deux feuilles d'aluminium au $\frac{1}{100}$ me sont nécessaires pour obtenir ce résultat.

» J'ai fait des mesures semblables sur quatre substances radifères (chlorures ou carbonates), d'activité très différente; le rapport des activités des produits extrêmes était au moins de trois cents. Cependant, les résultats ont été très analogues. Il est fort remarquable que la distance à laquelle s'étendent dans l'air les rayons non déviables se soit montrée à peu près la même pour ces quatre produits; elle est voisine de $0^m,067$. Cependant, pour le produit le moins actif (encore deux cents fois plus actif que l'uranium), cette distance était peut-être un peu plus faible, et la proportion de rayons pénétrants déviables à l'aimant était plus forte que pour les autres.

» On peut remarquer que, pour tous les échantillons, les rayons pénétrants déviables à l'aimant ne sont qu'une faible partie du rayonnement total; ils n'interviennent que pour une faible part dans les mesures où l'on utilise le rayonnement intégral pour produire la conductibilité de l'air.

» Les composés de polonium que j'ai étudiés n'émettent que des rayons non déviables, comme l'avait déjà trouvé M. Becquerel. Quand on fait varier la distance AD du polonium au condensateur, on n'observe d'abord aucun courant tant que la distance est assez grande; quand on rapproche le polonium, on observe que pour une certaine distance, qui était de $0^m,04$ pour l'échantillon étudié, le rayonnement se fait très brusquement sentir avec une assez grande intensité; le courant augmente ensuite régulièrement si l'on continue à rapprocher le polonium, mais le champ magnétique ne produit aucun effet. Il semble que le rayonnement non déviable du polonium soit délimité dans l'espace et dépasse à peine dans l'air une sorte de gaine entourant la substance sur l'épaisseur de quelques centimètres.

» Dans le rayonnement du radium, les rayons non déviables par le champ paraissent entièrement analogues aux rayons du polonium. Comme eux ils sont peu pénétrants, comme eux ils occupent dans l'air une région délimitée autour de la substance.

» Le polonium de M. Giesel émet des rayons déviables par le champ magnétique. Il se peut cependant que ce produit ne soit pas essentiellement différent du nôtre. Il est possible que le polonium récemment préparé

émette des rayons déviables et que ces rayons soient les premiers à disparaître quand l'activité du produit diminue. »

PHYSIQUE. — *Sur la pénétration des rayons de Becquerel non déviables par le champ magnétique* (1). Note de Mme **Sklodowska-Curie**, présentée par M. H. Becquerel.

« Dans la Note qui précède, M. Curie a montré que le rayonnement du radium se composait de deux groupes bien distincts : les rayons déviables par le champ magnétique et les rayons non déviables par le champ magnétique.

» Considérés dans leur ensemble, les rayons non déviables sont beaucoup moins pénétrants que les rayons déviables. Une étude plus complète de la pénétration des deux espèces de rayons à travers diverses substances montre que leur nature est entièrement différente et confirme ainsi les résultats obtenus par l'examen de l'effet du champ magnétique.

» Les rayons du radium, d'après les expériences faites jusqu'ici (2), se comporteraient, au point de vue de l'absorption, comme les rayons de Röntgen ; ils seraient d'autant plus pénétrants qu'ils auraient traversé une plus grande épaisseur de matière. On attribue cet effet à la présence simultanée de rayons doués d'un pouvoir pénétrant inégal.

» Or tandis que, pour les rayons déviables, le coefficient d'absorption est, en effet, décroissant ou peut-être constant quand croît l'épaisseur de matière traversée, mes expériences ont montré qu'au contraire les rayons non déviables sont d'autant plus absorbables que l'épaisseur de matière qu'ils ont déjà traversée est plus grande. Cette loi d'absorption singulière est contraire à celle que l'on connaît pour les autres rayonnements; elle rappelle plutôt la manière de se comporter d'un projectile, qui perd une partie de sa force vive en traversant des obstacles.

» J'ai employé pour cette étude notre appareil de mesures de la conductibilité électrique avec le dispositif suivant :

» Les deux plateaux d'un condensateur PP et P'P' (*fig.* 1) sont horizontaux et abrités dans une boîte métallique BBBB en relation avec la terre. Le corps actif A,

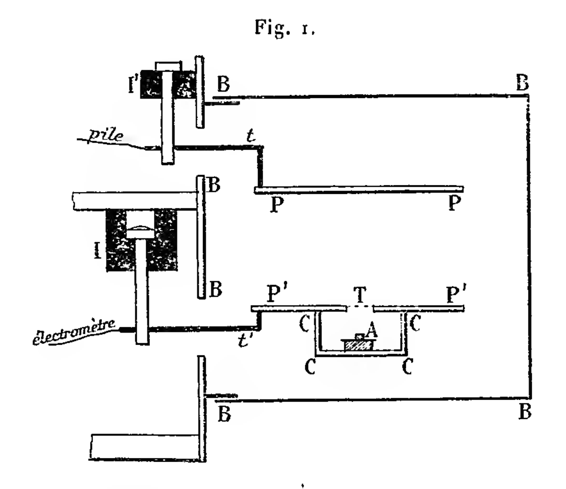
---

(1) Ce travail a été fait à l'École municipale de Physique et de Chimie industrielles.

(2) H. Becquerel, *Comptes rendus*, t. CXXIX, p. 912; 4 décembre 1899, et Meyer et Schweidler, *Ac. de Vienne*, 7 décembre 1899.

situé dans une boîte métallique épaisse CCCC faisant corps avec le plateau P′P′, agit sur l'air du condensateur au travers d'une toile métallique T; les rayons qui traversent la toile sont seuls utilisés pour la production du courant, le champ électrique s'arrêtant à la toile. On peut faire varier la distance AT du corps actif à la toile. Le champ

Fig. 1.



entre les plateaux est établi au moyen d'une pile; la mesure du courant se fait au moyen d'un électromètre et d'un quartz piézoélectrique.

» En plaçant en A sur le corps actif divers écrans et en modifiant la distance AT, on peut mesurer l'absorption des rayons qui font dans l'air des chemins plus ou moins grands.

» Le polonium se prête particulièrement à l'étude des rayons non déviables, puisque les échantillons que nous possédons, quoique très actifs, n'émettent pas du tout de rayons déviables.

» Voici les résultats obtenus avec le polonium :

» Pour une certaine valeur de la distance AT ($0^m,04$ et au-dessus), aucun courant ne passe : les rayons ne pénètrent pas dans le condensateur. Quand on diminue la distance AT, l'apparition des rayons dans le condensateur se fait d'une manière assez brusque, de telle sorte que, pour une petite diminution de la distance, on passe d'un courant très faible à un courant très notable; ensuite le courant s'accroît régulièrement quand on continue à rapprocher le corps radiant de la toile T.

» Quand on recouvre la substance radiante d'une lame d'aluminium (aluminum laminé de $\frac{1}{100}$ de millimètre d'épaisseur), l'absorption produite par la lame est d'autant plus forte que la distance AT est plus grande.

» Si l'on place sur la première lame d'aluminium une deuxième lame pareille, chaque lame absorbe une fraction du rayonnement qu'elle reçoit,

et cette fraction est plus grande pour la deuxième lame que pour la première, de telle façon que c'est la deuxième lame qui semble plus absorbante.

» Dans le Tableau qui suit, j'ai fait figurer : dans la première ligne, les distances en centimètres entre le polonium et la toile T; dans la deuxième ligne, la proportion de rayons pour 100 transmise par une lame d'aluminium; dans la troisième ligne, la proportion de rayons pour 100 transmise par deux lames du même aluminium.

Distance AT	3,5	2,5	1,9	1,45	0,5
Pour 100 de rayons transmis par une lame	0	0	5	10	25
Pour 100 de rayons transmis par deux lames	0	0	0	0	0,7

» Dans ces expériences la distance des plateaux P et P' était de 3^{cm}. On voit que l'interposition de la lame d'aluminium diminue l'intensité du rayonnement en plus forte proportion dans les régions éloignées que dans les régions rapprochées.

» Cet effet est encore plus marqué que ne l'indiquent les nombres qui précèdent. Ainsi, la pénétration de 25 pour 100, pour la distance $0^{cm},5$, représente la moyenne de pénétration pour tous les rayons qui dépassent cette distance, ceux extrêmes ayant une pénétration très faible. Si l'on ne recueillait que les rayons compris entre $0^{cm},5$ et 1^{cm}, par exemple, on aurait une pénétration plus grande encore. Et, en effet, si l'on rapproche le plateau P à une distance $0^{cm},5$ de P', la fraction du rayonnement transmise par la lame d'aluminium (pour AT $= 0^{cm},5$) est de 47 pour 100 et à travers deux lames elle est de 5 pour 100 du rayonnement primitif.

» Les rayons non déviables du radium se comportent comme les rayons du polonium. On peut étudier les rayons non déviables seuls en renvoyant les rayons déviables de côté par l'emploi d'un champ magnétique. Voici les résultats d'une expérience de ce genre, toujours avec la même lame d'aluminium :

Distances	6,0	5,1	3,4
Pour 100 de rayons transmis par Al	3	7	24

» Ce sont encore les rayons qui allaient le plus loin dans l'air qui sont les plus absorbés par l'aluminium. Il y a donc une grande analogie entre les rayons non déviables du radium et ceux du polonium; les rayons déviables, au contraire, seraient de nature différente.

» Si l'on utilise l'ensemble des rayons émis, le phénomène se trouve compliqué par la présence des rayons déviables et pénétrants, dont la loi

d'absorption est différente. Si l'on observe à grande distance, ces derniers rayons dominent et l'absorption est faible; si l'on observe à petite distance, les rayons non déviables dominent et l'absorption est d'autant plus faible qu'on se rapproche plus de la substance; pour une distance intermédiaire, l'absorption passe par un maximum et la pénétration par un minimum.

Distance...........................	7,1	6,5	6,0	5,1	3,4
Pour 100 de rayons transmis par Al...	91	82	58	41	48

» Devant des propriétés si particulières des rayons non déviables des corps radioactifs on pouvait se demander si ce sont bien là véritablement des rayons possédant la propagation rectiligne.

» M. Becquerel a bien voulu élucider cette question par une expérience directe, qu'il nous autorise à décrire ici. Le polonium émettant les rayons non déviables était placé dans une cavité linéaire très étroite, creusée dans une feuille de carton. On avait ainsi une source linéaire de rayons. Un fil de cuivre de $1^{mm},5$ de diamètre était placé parallèlement en face du fil à une distance de $4^{mm},9$. Une plaque photographique était placée parallèlement à une distance de $8^{mm},65$ au delà. Après une pose de dix minutes, l'ombre géométrique du fil était reproduite d'une façon parfaite avec les dimensions prévues et une pénombre très étroite de chaque côté correspondant bien à la largeur de la source. La même expérience réussit également bien en plaçant contre le fil une double feuille d'aluminium battu que les rayons sont obligés de traverser.

» Il s'agit donc bien des rayons capables de donner des ombres géométriques parfaites. L'expérience avec l'aluminium montre que ces rayons ne sont pas diffusés en traversant la lame et que cette lame n'émet pas, tout au moins en quantité importante, des rayons secondaires analogues aux rayons secondaires des rayons de Röntgen. »

OPTIQUE. — *Sur la nature de la lumière blanche*. Note de M. E. **Carvallo**, présentée par M. Lippmann.

« L'idée le plus communément répandue sur la lumière blanche est celle-ci : tandis qu'une lumière monochromatique, telle que la lumière rouge du lithium ou la lumière verte du thallium, est à peu près une vibration sinusoïdale simple de la forme $\sin ht$, la lumière blanche, émise par les solides ou liquides incandescents, serait une perturbation d'une forme

plus compliquée. On admettrait volontiers une vibration amortie, de la forme $e^{-kt}\sin ht$.

» MM. Garbasso [1] pensent même avoir établi ce résultat. Quelle qu'elle soit, la perturbation, développée en série ou intégrale de Fourier, donne une somme ou intégrale de termes purement sinusoïdaux.

» Qu'on analyse la lumière par le prisme ou le réseau d'un spectroscope, chacun des termes sinusoïdaux donne une raie, image de la fente du spectroscope, un peu élargie par la diffraction. Telle est la théorie. On va même jusqu'à y comprendre les rayons X et leurs congénères, quoique aucune expérience n'ait manifesté chez eux aucun caractère de périodicité. On suppose l'amortissement énorme, ce qui rejetterait l'intensité de la décomposition de Fourier vers des longueurs d'onde trop faibles pour nos moyens d'observation.

» Je veux soumettre ici ces idées à la critique et montrer qu'il y faut apporter bien des réserves.

» Et d'abord la lumière blanche peut-elle être attribuée à une vibration amortie? Je ne crois pas à cette conclusion. J'ai soumis l'idée de la vibration amortie au contrôle des expériences de Mouton [2] et de M. Langley [3] sur la distribution de l'intensité dans le spectre. Voici la méthode sur laquelle je me permets d'attirer l'attention des Physiciens, parce qu'elle peut leur être utile dans d'autres circonstances :

» Soit la vibration amortie

$$F(t) = e^{-kt}\sin ht \qquad (\text{pour } t > 0;\ \text{mais } F(t) = 0 \text{ pour } t < 0).$$

» Développée en intégrale de Fourier, elle donne

$$F(t) = \frac{1}{\pi}\int_0^{\infty} \frac{h\,dq}{\sqrt{(q^2-h^2-k^2)^2+4k^2q^2}} \cos\left[qt - \operatorname{arc\,tang}\frac{2kq}{q^2-h^2-k^2}\right].$$

» L'intensité de la vibration de période $\frac{2\pi}{q}$ est, d'après cette formule,

$$y = \frac{h^2q^2}{(q^2-h^2-k^2)^2+4k^2q^2}.$$

» Si l'on pose

$$k^2 = \alpha^2 h^2, \qquad q^2 = (1+\alpha^2)h^2u^2,$$

---

[1] *Archives des Sciences de Genève*, 4e période, t. IV, p. 105; 1897.

[2] *Comptes rendus*, t. LXXXIX, p. 295; 1879.

[3] *Ann. de Chim. et de Phys.*, 5e série, t. XXV, p. 211. — *Phil. Mag.*, 5e série, t. XXI, p. 369; 1886.

cette formule devient

$$y = \frac{1}{(1+\alpha^2)\left(u - \frac{1}{u}\right)^2 + 4\alpha^2}.$$

» Sous cette forme, les propriétés de la fonction apparaissent : la fonction y est nulle pour $u = 0$ et pour $u = \infty$; elle atteint son maximum $\frac{1}{4\alpha^2}$ pour $u = 1$. Enfin, l'intensité prend des valeurs égales pour deux valeurs inverses de u, ou, ce qui revient au même, pour deux valeurs égales et de signes contraires de $\log u$, ou encore pour deux valeurs égales et de signes contraires du logarithme de la longueur d'onde λ. Ainsi :

» Un critérium précis et commode sera celui-ci :

» On construira une courbe ayant pour abscisses les valeurs de $\log\lambda$ et pour ordonnées les valeurs de l'intensité. On tracera le diamètre des cordes horizontales. Cette ligne devra coïncider avec la verticale du maximum de l'intensité. Dans le cas seulement où la coïncidence se produit, il y a lieu de poursuivre l'identification.

» Sur les courbes que j'ai construites avec les données de Mouton et de M. Langley, la fausseté de l'hypothèse est manifeste. L'échec est sans conséquence, car il suffit, pour l'expliquer, d'imaginer dans la lumière blanche deux vibrations amorties différentes.

» Mais voici qui est plus grave : Rappelez-vous la théorie des réseaux. Pour avoir l'intensité d'une vibration simple, dans un azimut déterminé, on fait l'intégrale des mouvements envoyés, dans cette direction, par tous les éléments actifs du réseau. Le calcul se fait commodément en remplaçant les sinus par des exponentielles imaginaires. On trouve pour intégrale une progression géométrique et le résultat final est celui-ci : dans tous les azimuts, on trouve la même vibration simple, identique à la vibration incidente, avec une intensité variable, présentant une série de maxima et minima. Seulement, toutes les intensités sont si faibles que, pratiquement, elles sont nulles sauf en certains maxima très marqués et très brusques donnant les raies bien connues. Or, qu'y a-t-il de changé quand on remplace la vibration simple $\sin ht$ par la vibration amortie $e^{-kt}\sin ht$? Rien au point de vue analytique, sinon que la constante h est remplacée par la valeur imaginaire $h + ik$. Le calcul subsiste en entier et le résultat est le même : la vibration émergente est partout de même forme que la vibration incidente, avec une intensité variable pouvant offrir des maxima et des minima.

» Si donc la lumière blanche était due à une vibration amortie $e^{-kt}\sin ht$, que donnerait le spectroscope à réseau? Non pas les spectres colorés bien connus, mais seulement de la lumière blanche. C'est là un véritable théorème d'analyse. On trouverait des résultats semblables pour la perturbation exponentielle e^{-kt}.

» Où est donc la faute du raisonnement fait au début de cette Note et qui expliquait si bien le spectre continu? La faute est d'avoir retenu seulement, pour chaque radiation monochromatique, les intensités sensibles à notre œil, d'avoir négligé les intensités répandues dans tous les azimuts, négligeables, il est vrai, quand elles sont isolées ou en nombre limité, mais que l'analyse doit conserver dans ses calculs, quand il s'agit d'une série ou d'une intégrale comme dans les formules de Fourier.

» Cette explication apporte, je pense, une clarté nouvelle à la discussion si instructive qui s'est élevée à l'Académie entre MM. Poincaré (¹) et Gouy (²) sur les spectres cannelés. »

PHOTOGRAPHIE. — *Appareil de photographie instantanée à rendement maximum.* Note de M. **Guido Sigriste**, présentée par M. Lippmann.

« La valeur des images que fournit la photographie instantanée dépend, pour une très grande part, du mode d'obturation adopté. S'il est, comme dans le nouvel appareil, choisi de telle sorte que l'action des rayons lumineux sur la surface sensible soit utilisée aussi complètement que possible, on arrive à réunir, dans les images d'objets en mouvement, à la netteté qui exige des poses extrêmement réduites, les qualités que semble pouvoir seule donner une exposition relativement longue. Et le but est ici atteint par la combinaison d'organes simples et peu encombrants, de manière que l'appareil est d'un emploi facile et ne diffère ni par ses dimensions, ni par son poids, des chambres à main destinées d'ordinaire aux plaques de même taille.

» L'obturateur idéal devrait livrer passage d'un seul coup à la totalité des rayons lumineux réfractés, les laisser agir pendant un certain temps; puis, toujours d'un seul coup, les arrêter. En fait, le système de ces rayons forme un tronc de cône qui ne peut être ainsi sectionné de façon instantanée. Mais ce tronc de cône est un assemblage de fuseaux coniques corres-

(¹) *Comptes rendus*, t. CXX, p. 757; 1895.
(²) *Comptes rendus*, t. CXX, p. 915; 1895.

pondant aux divers points de l'image : ils vont s'épanouissant à partir d'une base commune, qui est l'image donnée du diaphragme par la combinaison postérieure de l'objectif, et ils ont leurs sommets sur le plan focal : les positions transverses des pinceaux dont ces fuseaux coniques sont les portions émergentes ont comme section commune l'ouverture du diaphragme.

» On peut concevoir comme positions logiques d'un obturateur : 1° le plan du diaphragme où tous les pinceaux seront sectionnés d'un seul coup, mais de façon progressive; 2° le plan focal, où les divers pinceaux seront coupés successivement, mais de façon instantanée.

» La première disposition caractérise les obturateurs d'objectif; ce n'est pas une bonne solution; l'action de la lumière sur la surface sensible se fait en trois périodes : une d'ouverture, une de pleine admission et une de fermeture; dans les deux périodes extrêmes, qui prennent forcément, dès qu'il s'agit de poses très courtes, un rôle prépondérant, l'illumination de la surface focale est générale, mais inégale et défectueuse; la lumière ne contribue pas utilement à la formation de l'image et n'y a qu'une influence pernicieuse : le rendement est médiocre et devient tout à fait mauvais lorsqu'on réduit la pose à une très petite portion de seconde. Il semble certain d'ailleurs que les obturateurs de ce genre donnent, par leur bord mobile, naissance à des phénomènes de diffraction, auxquels pourrait être attribué, pour une grande part, ce qu'on appelle le *voile de sous-exposition*. Il y a lieu d'ajouter enfin que de tels obturateurs exigent, lorsque l'on veut arriver à de très grandes vitesses, des dispositions coûteuses et encombrantes qui, susceptibles de rendre de grands services dans les laboratoires de physiologie, ne pourraient évidemment être adaptées à des appareils portatifs.

» La seconde solution correspond aux obturateurs de plaque, essentiellement constitués par un écran fendu qui se déplace dans le plan focal. Théoriquement, ce second mode d'obturation, qui déjà permet d'obtenir simplement des poses beaucoup plus courtes, supprime les périodes d'ouverture et de fermeture, pour ne laisser subsister que celle de pleine admission; toute la lumière qui arrive à la surface sensible agit sur elle dans les mêmes conditions, et celles-ci sont les meilleures. On obtient donc le rendement maximum.

» L'obturateur de plaque réaliserait l'obturation idéale s'il n'entraînait une déformation des images, déformation dont on a d'ailleurs beaucoup exagéré l'importance, car elle est tout à fait insensible si la vitesse de

translation de la fente est grande par rapport à la vitesse de déplacement de l'image, condition nécessaire aussi pour que les contours soient nets.

» Mais, si l'on veut que le rendement soit réellement maximum, il faut satisfaire à certaines règles dont il n'était pas suffisamment tenu compte dans les appareils construits jusqu'ici : 1° La fente obturatrice doit se mouvoir à une distance extrêmement faible de la surface focale ; pour peu que l'écart devienne sensible, on aura de nouveau des périodes d'admission croissante et décroissante, l'interception des fuseaux coniques élémentaires n'ayant plus lieu à leur sommet et, par conséquent, ne pouvant plus être instantanée ; 2° les bords de la fente, qui ont besoin d'être rigides et nettement déterminés, ne doivent pouvoir, à aucun moment, donner lieu à des phénomènes de réflexion ou de diffusion ; quant aux phénomènes de diffraction, il ne sont plus à craindre si la fente reste à une distance négligeable de la surface sensible.

» Dans le nouvel appareil, la fente se meut à $0^{mm},1$ en avant de la surface focale : ses bords sont constitués par des couteaux taillés en biseau très ouvert et à bord très tranchant ; ils sont reliés à une enveloppe plissée mobile qui, fixée d'autre part à la paroi qui porte l'objectif, prélève à chaque instant, dans le système des rayons réfractés, un faisceau partiel et variable comprenant un certain nombre de fuseaux coniques élémentaires ; ceux-ci s'y trouvent complètement enfermés et ne peuvent, à aucun moment, amener sur la surface sensible autre chose que la totalité de la lumière qu'ils transportent.

» Le mouvement de translation de la fente est commandé par la détente d'un barillet dont le ressort peut recevoir une tension variable : des ressorts compensateurs assurent l'uniformité du mouvement, et leur efficacité est attestée par l'uniformité de l'impression sur la surface sensible. La vitesse de translation, qu'une disposition additionnelle très simple permet, au moment du réglage des appareils, de contrôler à l'aide d'un chronographe du Dr d'Arsonval, peut atteindre $2^{m},50$ à la seconde.

» La largeur de la fente est également variable sous l'action d'une vis de réglage dont le pas est de $0^{mm},5$; elle peut être réduite à $0^{mm},1$ sans que les bords cessent d'être parallèles.

» On peut ainsi, au moyen de manœuvres très simples, dont les commandes sont placées extérieurement à l'appareil, faire varier le temps de pose de $\frac{1}{40}$ à $\frac{1}{5000}$ de seconde, — on peut même aller plus loin au besoin ; — et la valeur exacte en est automatiquement indiquée, à chaque instant, sur un tableau circulaire que porte la paroi inférieure de la chambre.

» Deux faits intéressants méritent surtout d'être signalés : les images paraissent tout à fait exemptes du halo par réflexion, et elles reproduisent de façon remarquablement juste les diverses valeurs des objets. »

CHIMIE MINÉRALE. — *Application de la loi des phases aux alliages et aux roches.* Note de M. **H. Le Chatelier**, présentée par M. Ad. Carnot.

« La loi des phases de W. Gibbs a été un guide précieux dans l'étude des équilibres chimiques; sans elle il eût été impossible d'aborder les systèmes complexes qui ont fait, dans ces dernières années, l'objet des recherches des savants hollandais.

» Cette loi peut encore donner des indications très utiles sur la constitution des corps solides complexes, tels les alliages métalliques, les roches de l'écorce terrestre. Cette constitution est rigoureusement régie par la loi des phases, dans tous les cas où l'état final envisagé est un état d'équilibre, c'est-à-dire a été atteint par une succession de transformations réversibles. Le nombre des matières différentes juxtaposées dans la masse totale sera entièrement déterminé par le nombre des constituants différents qui entrent dans sa composition.

» Rappelons l'énoncé de la loi des phases :

» Soient : n le nombre des constituants indépendants; p le nombre des actions physiques; r le nombre des phases, c'est-à-dire des matières homogènes différentes (combinaison, dissolution) qui se trouvent en présence.

» *Le degré de liberté d'un semblable système, c'est-à-dire le nombre des variations indépendantes que l'on peut lui faire subir, est égal à*

$$n + p - r.$$

» Si l'on envisage le cas où une seule des actions physiques extérieures, la température, est variable, condition réalisée dans la fusion des corps sous la pression atmosphérique, p est égal à 1, et l'expression du degré de liberté devient

$$n + 1 - r.$$

» Suivant que cette expression a pour valeur 0, 1, 2, ... on dit que le système est *invariant, monovariant, divariant:* cela veut dire qu'il est possible, sans altérer l'état d'équilibre, de faire varier 0, 1, 2, ... des conditions qui déterminent son état actuel. Ces conditions sont la température et la composition des différentes phases en présence.

» En appliquant cette loi à un mélange de corps solides pris à la tempé-

rature ordinaire et obtenu par une succession de transformations réversibles, telles que solidification par refroidissement, cristallisation d'une dissolution, etc., on arrive à la conclusion suivante :

» *L'état stable d'un mélange solide (sels fondus, alliage métallique, roche, etc.) correspond à un système monovariant, c'est-à-dire que le nombre des phases doit être égal au nombre des constituants indépendants qui entrent dans sa composition.*

» Prenons comme exemple un alliage de fer et carbone; à ces deux constituants devront correspondre deux phases, soit les constituants eux-mêmes, soit quelques-unes de leurs combinaisons. Pour le montrer, suivons le mélange depuis son état fondu jusqu'à la température ordinaire.

» 1° *Fonte liquide.* — 1 phase; système divariant, température et composition du liquide indépendantes.

» 2° *Fonte liquide* et *graphite.* — 2 phases; système monovariant. La composition du liquide est entièrement déterminée à chaque température. C'est une solution saturée.

» 3° *Fonte liquide, graphite, solution solide de carbone.* — 3 phases; système invariant. La composition de la fonte, 3 pour 100 de carbone, celle de la solution solide, 1,5 pour 100 de carbone, et la température, 1150° environ, restent invariables aussi longtemps que l'une des trois phases n'a pas disparu. En continuant à enlever de la chaleur la phase liquide disparaît.

» 4° *Graphite, solution solide de carbone.* — 2 phases; système monovariant. La composition de la solution solide (austinite, martensite ou troostite) est entièrement déterminée par chaque température. C'est une solution saturée solide.

» 5° *Graphite, solution solide de carbone, fer pur.* — 3 phases; système invariant. La composition de la dissolution solide, environ 0,5 pour 100 de carbone, et la température, voisine de 700°, restent invariables tant que l'une des 3 phases n'a pas disparu. En continuant à enlever de la chaleur la solution solide disparaît.

» 6° *Graphite* et *fer pur.* — 2 phases; système monovariant. La température peut varier sans modifier l'état du système qui se conserve jusqu'à la température ordinaire et y est absolument stable.

» Le résultat sera toujours le même dans les corps obtenus par fusion ; on ne peut descendre au-dessous du point de dernière solidification qui correspond à un système invariant, que par la disparition de l'une des phases. Le système devient monovariant et il le reste jusqu'à la température ordinaire, si aucun des corps solides ne subit de transformations ultérieures pendant le refroidissement; sinon, il passe par un nouveau point invariant, comme le fer carburé, et arrive toujours finalement à un système monovariant.

» Comme exemple de corps à trois constituants qui doit, après solidifi-

cation, renfermer trois phases juxtaposées, on peut citer le granite. Ses trois constituants élémentaires sont silice, alumine et potasse; ses trois phases sont quartz, feldspath et mica.

» Si, dans une masse semblable, on trouve un nombre de phases supérieur à celui de ses constituants indépendants, on peut être certain que la série des opérations qui leur ont donné naissance n'est pas réversible et que l'état final obtenu n'est pas stable.

» Cela se présente habituellement dans le cas de la fonte, qui est refroidie assez rapidement; elle est constituée par la juxtaposition de trois corps : fer, graphite et cémentite (Fe^3C). Cet état est instable; par recuit (fabrication de la fonte malléable), on fait disparaître la cémentite.

» Les deux principales causes qui donnent naissance à ces systèmes instables sont d'abord les refroidissements trop rapides, comme dans le cas de la fonte, et, en second lieu, la consolidation successive des différents éléments cristallisés en couches concentriques qui amènent l'isolement complet de certaines parties. C'est ainsi que, dans les alliages de cuivre et cadmium, on observe souvent trois phases : le cuivre, le cadmium et une combinaison de ces deux métaux. Le cuivre qui s'est déposé en premier ne subsiste que parce qu'il est enveloppé par la combinaison définie et ainsi isolé du cadmium avec lequel il aurait dû finalement se combiner.

» Une particularité importante de ces alliages instables est de présenter une constitution et, par suite, des propriétés extrêmement variables avec les conditions de travail qui sont intervenues dans leur préparation. »

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur les rhodicyanures* (¹). Note de M. **E. Leidié**, présentée par M. Troost.

« En examinant une méthode anciennement proposée par Martius pour la séparation des métaux du platine, j'avais été frappé de ce fait que les résultats qu'il annonçait au sujet de l'iridium et du rhodium étaient en contradiction formelle avec ce que les analogies chimiques auraient permis de prévoir.

» D'après Martius (*Ann. der Chem. und Pharm.*, t. CXVII, p. 372), le cyanure double de rhodium et de potassium, et celui d'iridium et de potassium, préparés dans

(¹) Travail effectué au laboratoire de Chimie de l'École Normale supérieure.

des conditions identiques, suivant la méthode donnée par Claus, possédaient des propriétés diamétralement opposées : le premier, $Rh^2Cy^6,6KCy$, se comportait comme un cyanure double décomposable par les acides étendus avec précipitation de sesquicyanure Rh^2Cy^6; le second, au contraire, plus stable en présence des acides étendus, aurait été un iridiocyanure de potassium $Ir^2Cy^{12}K^6$ comparable aux ferricyanures et aux cobalticyanures. Il recommandait même d'utiliser cette réaction pour séparer le rhodium de l'iridium : les deux métaux étant sous forme de cyanures doubles alcalins, leur solution était acidulée par l'acide acétique, le rhodium se précipitait sous forme de sesquicyanure, l'iridium restait dans la dissolution ; cette séparation était analogue à celle que l'on emploie quelquefois pour isoler le nickel du cobalt.

» J'ai tenté de reproduire le cyanure de rhodium et de potassium d'abord par voie sèche, afin de contrôler le travail de Martius, puis par voie humide.

» Le rhodium maintenu en fusion au rouge sombre avec du cyanure de potassium s'y dissout à peine à l'abri de l'air; au contact de l'air, suivant la durée de la réaction, on peut dissoudre de 15 à 25 pour 100 du métal employé : le composé, que l'on sépare du cyanure de potassium en excès par des cristallisations, n'est pas du rhodicyanure de potassium. Les chlorures doubles alcalins, le chlorure anhydre, le sulfate, chauffés jusqu'à la température de fusion du cyanure de potassium avec un excès de ce sel, donnent plusieurs produits en même temps que le rhodicyanure; le sesquioxyde est réduit avec formation de métal. Quant à la fusion du rhodium ou d'un de ses sels avec le ferrocyanure de potassium, c'est une réaction qui ne mène à aucun résultat comparable d'une expérience à l'autre.

» J'ai ensuite chauffé, avec une solution concentrée de cyanure de potassium pur, différents composés du rhodium. Ni le sesquioxyde, ni le sesquisulfure, qu'ils aient été préparés par voie sèche ou par voie humide, ne s'y dissolvent. Le sesquichlorure anhydre (¹) préparé à 440°, le sulfate neutre, desséché à 440°, s'y dissolvent avec facilité; les chlorures doubles solubles font facilement double décomposition avec lui. Ces modes de préparation obligent à séparer par des cristallisations, ce qui n'est pas toujours facile, les sels provenant de la double décomposition. Le procédé suivant, plus pénible, il est vrai, permet d'obtenir du premier coup le rhodicyanure seul :

(¹) L'action du cyanure de potassium sur le sesquichlorure préparé en chauffant le rhodium au rouge dans un courant de chlore, permet de montrer que l'excédent de métal qui entre dans sa composition est du métal provenant soit d'une attaque incomplète, soit d'une décomposition.

» On dissout à saturation, dans une dissolution renfermant 25 à 30 pour 100 d'hydrate de potasse, du sesquioxyde de rhodium hydraté qui vient d'être récemment précipité; on étend peu à peu la liqueur avec de l'eau jusqu'à ce qu'elle commence à laisser déposer du sesquioxyde, puis on la verse dans de l'acide cyanhydrique étendu (à 20 ou 25 pour 100 de HCy) employé en excès, de façon à dépasser la quantité nécessaire d'abord pour former $Rh^2Cy^6, 6KCy$ puis pour transformer l'excès de KOH en KCy.

» On abandonne le mélange à lui-même dans un vase bouché, de façon à éviter l'accès de l'air; la réaction s'effectue d'elle-même, puis l'excès d'acide cyanhydrique se polymérise et devient insoluble. On filtre et l'on fait cristalliser dans le vide, au-dessus d'un vase renfermant de l'acide sulfurique. On sépare quelques cristaux de cyanure de potassium qui se séparent les premiers; les eaux mères abandonnent ensuite le cyanure double. Les cristaux ainsi obtenus sont brun foncé; à la suite de deux cristallisations ils se déposent à peine colorés.

» Ce cyanure double cristallise en prismes monocliniques légèrement teintés en jaune; ils sont anhydres et extrêmement solubles dans l'eau. L'azote y a été dosé par une analyse élémentaire, le potassium par transformation en chlorure (calcination avec AzH^4Cl dans un courant d'hydrogène), le rhodium par électrolyse (après destruction du sel chauffé avec SO^4H^2) : cette analyse conduit, pour les rapports entre ces trois éléments, aux nombres $Rh : Cy^6 : K^3$, soit $Rh^2Cy^{12}K^6$. Mais, pour démontrer cette constitution, il faut faire intervenir d'autres considérations; celles-ci sont de deux ordres :

» 1° Ce corps est décomposé par la potasse concentrée, par l'acide chlorhydrique concentré qui donne lieu à un brusque dégagement de gaz HCy sans formation de produits insolubles, par l'oxyde mercurique (ébullition en présence de l'eau) qui le transforme en $KOH, HgCy^2$ et Rh^2O^3; enfin avec certains sels métalliques (fer et cuivre notamment) il donne des précipités qui caractérisent un cyanure complexe;

» 2° La loi de l'isomorphisme vient apporter une nouvelle vérification. Les cristaux sont isomorphes des ferricyanure, cobalticyanure, manganicyanure de potassium, anciennement connus, et du chromicyanure de potassium récemment étudié à nouveau par Christensen. Bien plus, ils possèdent le même signe optique, les mêmes propriétés optiques, les mêmes angles cristallographiques que le ferricyanure de potassium, et quelquefois les mêmes faces courbes que lui.

» *Détermination cristallographique.* — Je dois la détermination cristallographique de ce sel à l'obligeance de M. H. Dufet, maître de Conférences à l'École Normale supérieure.

» Cristaux monocliniques, formés des faces $m(110)$, $h^1(100)$, $d^{\frac{1}{2}}(110)$ et $s = 12\bar{2}$.

Macle parallèle à h^1 se répétant plusieurs fois. Ce sont les faces les plus habituelles et la macle caractéristique du ferricyanure de potassium auquel ils ressemblent absolument, à la couleur près. Les valeurs paramétriques sont :

$$a : b : c :: 1,2858 : 1 : 0,8109 \text{ (}^1\text{)},$$
$$\beta = 90^\circ 29'.$$

» Le plan des axes optiques est parallèle à g^1; la bissectrice aiguë, *positive*, paraît coïncider avec l'axe vertical, comme dans le manganicyanure, tandis que dans le ferricyanure et dans le cobalticyanure elle s'en écarte de 3° à 4°. J'ai trouvé, pour l'angle extérieur des axes optiques :

2E 62°55' (lithium),
63.35 (sodium),
64.23 (thallium).

» Il n'y a pas de dispersion inclinée sensible. »

CHIMIE. — *Nouvelles réactions microchimiques du cuivre*. Note de M. **Pozzi-Escot**. (Extrait.)

« On sait que, si l'on ajoute de l'iodure de potassium ou tout autre iodure alcalin soluble à un sel cuivrique, il se produit un précipité qui est un mélange d'iode et d'iodure cuivreux Cu^2I^2....

» Au lieu de chercher à obtenir l'*iodure cuivreux* cristallisé, nous nous sommes adressé à l'iodure cuivrique CuI^2. Nous avons obtenu des combinaisons ammoniacales très caractéristiques et très remarquables :

» En premier lieu, l'iodure $CuI^2, 4AzH^3, H^2O$, qui se présente sous forme de petits tétraèdres bleus et que nous avons obtenu en traitant une solution ammoniacale cuivrique par l'iodure d'ammonium ou l'iodure de sodium.

» En second lieu, un composé dissociable, dont il ne nous a pas été possible de déterminer la composition exacte, mais qui nous paraît être la combinaison (?) $CuI^4, 4AzH^3$. Cette dernière combinaison donne une des plus belles réactions microchimiques que nous connaissions. Elle s'obtient

---

(1) Dans les sels isomorphes du même groupe, on a :

Ferricyanure de potassium	1,2876 : 1 : 0,80115 ;	β = 90°. 6',
Cobalticyanure de potassium	1,2860 : 1 : 0,80930 ;	β = 90.17,
Manganicyanure de potassium	1,2891 : 1 : 0,80110 ;	β = 90. 7.

en opérant comme suit : La solution cuivrique est additionnée d'une quantité d'ammoniaque un peu supérieure à celle qui serait suffisante pour amener à chaud la dissolution du cuivre, on porte vers 40° et l'on additionne d'iodure de sodium ou d'ammonium; dans ces conditions, la liqueur devient immédiatement jaune vert et dépose de très belles tables rhomboïdales, d'un brun noir très foncé, entremêlées de cristaux prismatiques de même couleur et parfois de tables orthorhombiques orange.

» La préparation, vue au microscope, ressemble, à s'y méprendre, à de l'iodoplatinate de potassium, mais la distinction est facile. De plus, la forme cristalline se modifie rapidement en même temps que la couleur. Dans l'espace de dix à quarante minutes, suivant les conditions de l'expérience, on ne trouve plus que des prismes plats, gros et courts, et des tables anorthiques, le tout ayant perdu la belle couleur primitive pour un jaune vert clair à reflets de cuivre métallique.... »

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur la présence dans les végétaux du vanadium, du molybdène et du chrome.* Note de M. **Eug. Demarçay**, présentée par M. Moissan.

« L'intéressante Note de M. A. Gautier, sur la présence de l'arsenic en petites doses à l'état normal chez les animaux, et la présence possible de certains éléments réputés rares chez les mêmes animaux, m'a rappelé des recherches que j'avais faites, il y a quelque temps, sur la présence de ces éléments chez les végétaux. J'ai répété à nouveau ces expériences et mes anciens résultats ont été confirmés. Les voici en quelques mots :

» On extrait par l'eau distillée bouillante des cendres de bois bien calcinées (pin sylvestre, épicéas, vigne, chêne, charme, peuplier). On fait passer dans la solution refroidie un courant prolongé d'acide sulfhydrique. Sous cette influence, la coloration jaune [1] de la solution devient rougeâtre. On abandonne deux ou trois jours à l'air la solution, puis on l'acidule par l'acide chlorhydrique en faible excès. Il se produit un léger précipité brun. Ce précipité, recueilli sur un filtre et lavé à l'eau, est incinéré à basse température dans un creuset de porcelaine protégé par un creuset de platine; on le reprend par trois gouttes d'acide chlorhydrique et l'on examine au spectroscope la solution jaune obtenue. On reconnaît sans peine sur les photographies la présence : 1° du molybdène à ses trois fortes raies ultra-violettes voisines de K; 2° du chrome à ses trois fortes raies violettes et ses trois fortes raies ultra-violettes, outre plusieurs

(1) Traces de matières ulmiques non brûlées.

raies secondaires; 3° du vanadium par le fort groupe du bleu complet et les principales raies du groupe violet.

» On rencontre en outre les principales raies du silicium, et faiblement celles de l'aluminium, du manganèse, du zinc. Ces derniers éléments sont relativement abondants dans la partie insoluble dans l'eau des cendres, où l'on trouve aussi et très constamment du chrome, etc.

» J'y ai rencontré aussi, mais leur origine tient peut-être aux poussières de laboratoire, des traces de baryum et de plomb.

» Il est à remarquer que tous ces éléments sont répandus dans toutes les terres ordinaires et en proportion assez sensible pour qu'une très grossière séparation aidée de l'analyse spectrale suffise à les mettre en éclatante évidence; que, de plus, ils sont très diffusibles, difficiles à séparer totalement; qu'il n'y a donc aucunement lieu de s'étonner que les végétaux les absorbent avec leurs autres constituants minéraux, et que l'on doit s'attendre à les retrouver pour la même raison chez les animaux, où peut-être certains d'entre eux ont reçu quelque utilisation spéciale, comme cela a déjà lieu pour l'iode, le manganèse et l'arsenic. »

PHYSIOLOGIE PATHOLOGIQUE. — *Mécanisme des insuffisances de développement des rejetons issus de mères malades* (¹). Note de MM. **Charrin**, **Guillemonat** et **Levaditi**, présentée par M. d'Arsonval.

« Des recherches antérieures nous ont permis de montrer que des femmes atteintes, au cours de la grossesse, de tuberculose, de syphilis, de dothiénentérie, d'alcoolisme, etc., moins rarement que les mères normales engendrent des enfants à développement insuffisant, porteurs d'anomalies plus ou moins nombreuses, difformités, lenteur de la croissance, hypothermie, entérite, albuminurie, etc.; tantôt ces enfants survivent plus ou moins, constituant de mauvais terrains, tantôt ils succombent promptement.

» Actuellement, poursuivant ces études, nous sommes amenés à examiner le mécanisme qui préside à la genèse de ces désordres.

» Nous repoussons la théorie infectieuse. En premier lieu, dans les débuts, on ne trouve pas toujours un microbe; quand une de ces mères

(¹) Travail du laboratoire de Médecine expérimentale des Hautes Études, Collège de France.

accouche à huit mois, parfois le poids du fœtus est en déficit, tandis qu'alors tout est stérile, y compris le plus souvent l'intestin. Plus tard, lorsque l'infection installée attire l'attention du médecin, il n'est pas inouï de voir les tissus profonds privés de germes; d'autre part, les parasites décelés sont fréquemment sans virulence, disparates, dépourvus de spécificité ; en dehors du poumon ou du canal alimentaire, on décèle ces parasites habituellement dans le foie; ils viennent de l'iléon.

» Nous repoussons également la doctrine anatomo-pathologique, qui rattache ces accidents à une lésion fixe, préalable, de préférence, avec Baginsky, à une atrophie de la muqueuse gastro-intestinale. C'est qu'en effet des différentes modifications structurales enregistrées (foie, intestin, névraxe, globules, etc.), aucune n'est invariable.

» En revanche, nous observons une série de tares cellulaires générales, soit nutritives, soit fonctionnelles, les unes révélées par de précédents travaux, les autres plus nouvelles.

» Ces fils de malades, ordinairement, prennent moins de lait que les enfants de nos nourrices qui allaitent et ces fils de malades et leurs propres descendants, véritables témoins nourris des mêmes produits dans le même milieu. Rappelons, en outre, que, chez ces débiles, habituellement l'absorption est plus réduite (azote perdu par les fèces, en moyenne, $0^{gr},095$ par kilogramme au lieu de $0^{gr},034$), la désassimilation plus active, l'utilisation des matériaux moins parfaite $\left(\frac{\text{Az. u.}}{\text{Az. t.}}\right.$ oscillant de 0,82 à 0,67 et de 0,88 à 0,83 chez les normaux, dont $\frac{\text{C}}{\text{Az.}}$ est plus faible$\left.\right)$; de plus, leur sécrétion urinaire est moins abondante et cause quelques troubles.

» D'un autre côté, le kilogramme de matière vivante, chez ces rejetons d'intoxiqués, est desservi par 8^{dc} et par 6^{dc} chez les autres; à égalité thermique, les premiers se refroidissent plus vite, d'autant plus qu'ils ont perdu la graisse, corps mauvais conducteur. Or, comme ils brûlent moins bien un combustible moins abondant et que, sous peine de déchéance mortelle, les cellules doivent maintenir une température donnée, ces cellules sont fatalement exposées à l'hypothermie et au surmenage : c'est ce qu'on observe. D'une part, le thermomètre marque 36° à 35°, pendant que le rayonnement, dans la majorité des cas, ne dépasse pas 5^{Cal} à 7^{Cal}, à l'heure, au lieu de 8^{Cal} ou 9^{Cal} (¹); d'autre part, comme à la suite du surme-

(¹) Mesures prises par M. Bonniot à l'aide d'un appareil d'Arsonval.

nage, l'alcalinité du sang s'abaisse d'un quart et l'acidité des urines exprimée en acide oxalique s'élève de 0,29 (chiffre des enfants bien portants) à 0,72 à 1,30; enfin on a également constaté une augmentation des composés ammoniacaux.

» Si l'on examine, non plus l'ensemble, mais tel ou tel groupe de cellules constituant tel ou tel organe, on reconnaît que, par exemple, le corps thyroïde, les capsules surrénales sont lésés (solérose, dégénérescence); le premier quelquefois provoque, par son extrait, un amaigrissement trop minime, les secondes élèvent trop faiblement la pression.

» A côté des tares nutritives, chimiques, sécrétoires, à côté des tares anatomiques, il existe donc des tares physiologiques qui, comme les autres, ont plusieurs origines. — Chez une mère malade, toutes les cellules peuvent être altérées, parmi elles les ovules, les granulations, c'est-à-dire les éléments formateurs de l'embryon. De plus, les poisons, alcool, toxines, vont au travers du placenta impressionner le fœtus qui se trouve dans la situation d'un animal recevant ces poisons par la circulation, la porte d'entrée la plus nuisible ([1]).

» Ces tares cellulaires sont la source des anomalies enregistrées; de plus, en créant l'hypothermie, le surmenage, l'auto-intoxication acide, elles font naître des lésions histologiques et préparent l'infection toujours facile dans ces conditions, tandis qu'une bactérie ou une toxine actives placées dans un intestin normal, pourvu de ses sécrétions protectrices, sont parfois insuffisantes; les défenses générales, les protections locales (atténuation par les sucs glandulaires, hépatique, pancréatique, ici en déficit) s'opposent à leur évolution. Enfin, nul n'ignore que refroidies, surmenées, auto-intoxiquées, les cellules ne tardent pas à s'altérer.

» En définitive, notre conception des tares cellulaires primitives permet

---

([1]) Naturellement ces tares ne se réalisent pas toujours; un rejeton d'une mère malade peut être sain ou ne posséder que de rares anomalies groupées en nombre variable. — Ajoutons que ces enfants peuvent porter la peine des maladies paternelles; ajoutons encore que, chez le nouveau-né, on rencontre d'autres désordres, d'autres insuffisances de développement, en particulier, nul ne l'ignore, des troubles acquis relevant d'une mauvaise hygiène, d'une alimentation défectueuse. — Un Mémoire développé donnera les indications bibliographiques omises ici faute de place; rappelons seulement les noms de Parrot, Robin, Bendix, Baginsky, Heubner, Rubner Camerer, Marfan, de Rothschild, Michel, etc.

d'expliquer les désordres observés; en outre, elle fait comprendre la part qui revient aux théories infectieuse ou anatomo-pathologique. »

MINÉRALOGIE. — *Sur les andésites et les basaltites albitisées du cap Marsa* (¹). Note de MM. L. **Duparc** et F. **Pearce**, présentée par M. Fouqué.

« Dans une Note précédente, nous avons décrit les liparites de la brèche éruptive du cap Marsa. Celles-ci sont accompagnées d'andésites variées, parmi lesquelles nous avons distingué plusieurs types qui sont :

» 1. Les *andésites à hypersthène*. — Ces roches, de couleur foncée, ont une première consolidation abondante. Les *phénocristaux* comportent de la *magnétite* en grains irréguliers, de l'*hypersthène* rare en sections allongées, incolores, souvent criblées d'inclusions, de l'*augite* en prismes courts, généralement terminés, parfois maclés avec l'hypersthène. L'augite est l'élément noir le plus répandu.

» La *biotite*, toujours constante, est de consolidation antérieure à celle de l'hypersthène et de l'augite. La *hornblende ferrifère* se rencontre aussi, mais plus rarement. Elle présente les formes mh^1g^1; sa biréfringence est très élevée, son polychroïsme donne $ng =$ rouge brun, $np =$ brunâtre pâle.

» Les *plagioclases*, très abondants par rapport à l'élément noir, ou d'autres fois rares mais alors volumineux, sont surchargés d'inclusions vitreuses, et toujours zonés. Les types qui alternent, sont compris entre Ab^5An^3 et Ab^3An^4; les termes voisins de Ab^4An^1, ou plus basiques, sont en majorité.

» La *pâte* est vitreuse, souvent caverneuse. Elle renferme des grains de magnétite, puis des microlithes filiformes et rares d'andésine basique.

» 2. *Andésites à hornblende*. — La première consolidation bien développée et corrodée contient de la magnétite, de la biotite, de la hornblende, et du labrador. La *biotite* uniaxe ou biaxe est toujours très polychroïque dans les tons rouge brun foncé. La *hornblende*, en prismes très allongés, montrant souvent des zones d'accroissement, s'éteint à 20° de son allongement positif. Biréfringence et signe optique normaux; polychroïsme $ng =$ brun verdâtre foncé, $nm =$ brun, $np =$ jaunâtre pâle.

» Les *plagioclases* sont analogues à ceux des andésites à hypersthène; la bytownite a été rencontrée dans certaines sections.

» Dans la plupart de ces andésites, on trouve des sections d'un minéral allongé complètement décomposé, remplacé alors par des amas de delessite verte et de calcite.

» La *pâte* est vitreuse, incolore, ou brune. Elle est localement dévitrifiée et ponctuée de petits grains de magnétite qui y dessinent des traînées fluidales. Les microlithes manquent ou sont rares; ils correspondent à de l'andésine basique; on trouve fréquemment dans la pâte des amas de calcite qui semblent résulter du remplissage secondaire de pores ou de cavités.

(¹) Genève, laboratoire de Minéralogie de l'Université.

» 3. *Andésites à augite.* — Les phénocristaux y sont identiques à ceux des andésites à hornblende; il faut y ajouter seulement de l'augite rare, en grains légèrement brunâtres.

» La *pâte* est formée par des microlithes d'andésine et de labrador réunis par un verre incolore, réduit.

» A côté des andésites, nous avons trouvé également des basaltites dont les plagioclases sont albitisés.

» Les *phénocristaux*, peu développés et de petite taille, sont exclusivement feldspathiques et représentés par du labrador ou du labrador-bytownite.

» La *pâte* est entièrement microlithique et intersertale, formée par des grains de magnétite, des microlithes courts et gros d'augite brune, puis des microlithes enchevêtrés de labrador.

» Les microlithes, comme les phénocristaux, présentent des phénomènes d'albitisation curieux. Les sections feldspathiques sont en effet rarement homogènes; elles paraissent au contraire formées de deux individus qui se pénètrent en donnant une sorte d'association pegmatoïde. Les deux extinctions se font en sens inverse l'une de l'autre par rapport à la trace de la macle de l'albite, l'arête pg^1, ou la ligne d'éclairement commun. Souvent il reste un véritable squelette de labrador-bytownite, dont les vacuoles sont remplies par un feldspath acide de biréfringence différente. Sur les faces g^1 la pénétration de l'albite se fait parallèlement aux cassures h_1; quand la transformation est complète, il ne reste plus qu'un cristal d'albite ou d'oligoclase-albite, renfermant à l'intérieur quelques plages plus biréfringentes de labrador. »

M. **A.-L. Herrera** adresse une Note « Sur l'imitation de plusieurs phénomènes protoplasmiques avec l'acide oléique, la peptone ou les alcalis. »

A 3 heures trois quarts, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 4 heures.

M. B.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans la séance du 2 janvier 1900.

(*Suite.*)

Études géographiques, 1re année, janvier 1900, fasc. 1. *Un nouveau procédé de reproduction appliqué à l'étude et à la représentation des faits géographiques : Phototypie stéréoscopique* (avec 10 planches), par Jean Brunhes. Fribourg (Suisse), 1900; 1 fasc. in-8°. (Présenté par M. de Lapparent.)

Western Australia, its position and prospects, by Tran Chambers, with an introduction by Sir Gerard Smith, governor of Western Australia. Perth, 1899; 1 vol. in-12.

Annuario do observatorio do Rio de Janerio, para o anno de 1899, decimo quinto anno. Rio de Janerio, L. Malafaia Junior, 1899; 1 vol. in-12.

The American Ephemeris and Nautical Almanac, for the year 1902. Washington, 1899; 1 vol. gr. in-8°.

Bidrag til kännedom af Finlands natur och folk, utgifna af Finska Vetenskaps-Societeten. Femtiondesjunde Häftet. Helsingfors, 1898; 1 vol. in-8°.

Acta societatis scientiarum Fennicæ, tomus XXIV. Helsingforsiæ, 1899; 1 vol. in-4°.

Annales de l'observatoire national d'Athènes, publiées par Démétrius Eginitis; tome I. Athènes, 1898; 1 vol. in-4°.

Bulletin of the U. S. Agricultural Experiment Station of Nebraska. Vol. XI, Arts I-V. Lincoln, Nebraska, U. S. A.; 5 fasc. in-8°.

Le Préparateur, 1re année, 1899, n° 3. Latsch. (Suisse); 1 fasc. in-8°.

Censo general de la Republica Mexicana, verificado el 20 de Octubre de 1895: *Censo del Estado de Querétaro; Censo del Estado de Tlaxcala; Censo del Estado de Zacatecas*. México, 1899; 3 fasc. in-4°.

Catalogue of duplicate books and pamphlets from the library of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia, offered for sale at the prices affixed. Philadelphia, Penna.; 1 fasc. in-8°.

OUVRAGES REÇUS DANS LA SÉANCE DU 8 JANVIER 1900.

Mouvements directs et rétrogrades des planètes, par A. DESPAUX. Limoges, Ve H. Ducourtieux, 1899; 1 fasc. in-8°. (Hommage de l'Auteur.)

Le sang et son troisième élément anatomique, par A. BÉCHAMP. Paris, Chamalet, 1899; 1 vol. in-8°. (Hommage de l'Auteur.)

Revue scientifique, 4e série, t. XIII, n° 1, 6 janvier 1900. Paris, Bureau des Deux Revues; 1 fasc. in-4°.

Revue générale de Chimie pure et appliquée. Directeur : GEORGE-F. JAUBERT. Tome II, n° 1, 5 janvier 1900. Paris, 1 fasc. in-4°.

Journal de Pharmacie et de Chimie. Rédacteur principal : M. RICHE. 91e année, 6e série, t. XI, n° 1, 1er janvier 1900. Paris, Octave Doin; 1 fasc. in-8°.

Bulletin de l'Académie de Médecine, publié par MM. J. BERGERON et E. VALLIN. 3e série, t. XLIII; 64e année, n° 1, séance du 2 janvier 1900. Paris, Masson et Cie; 1 fasc. in-8°.

Annales médico-psychologiques, journal destiné à recueillir tous les documents relatifs à l'aliénation mentale. Rédacteur en chef : Dr ANT. RITTI. 8e série, t. XI, 58e année, n° 1. Janvier-février 1900. Paris, Masson et Cie; 1 fasc. in-8°.

La Nature, revue des Sciences et de leurs applications aux Arts et à l'Industrie. Directeur : HENRI DE PARVILLE. Paris, Masson et Cie; 1 fasc. in-4°.

Société de Médecine légale de France. Bulletin. T. XV. Clermont (Oise), imp. Daix frères, 1899; 1 vol. in-8°.

Gazette des Hôpitaux civils et militaires. 73e année, n° 1, 2 et 4 janvier 1900. Paris; 1 fasc. in-4°.

La Tribune médicale. Rédacteur en chef : J.-V. LABORDE. 33e année, 2e série, n° 1, 3 janvier 1900; 1 fasc. in-8°.

Le Progrès médical, 29e année, 3e série, t. XI, n° 1, 6 janvier 1900. Paris; 1 fasc. in-4°.

Journal d'Agriculture pratique. Rédacteur en chef : L. GRANDEAU. 64e année, t. I, n° 1, janvier 1900. Paris; 1 fasc. in-8°.

Journal de l'éclairage au gaz. 48e année, n° 1, 5 janvier 1900. Paris; 1 fasc. in-4°.

Moniteur industriel. 27e année, n° 1, 6 janvier 1900. Paris; 1 fasc. in-4°.

Sylloge Algarum omnium hucusque cognitarum, digessit Dr J.-Bapt. De-Toni. Vol. IV. *Florideæ.* Sectio II, familiæ I-IV. Fol. 25. Patavii, 1900; 1 vol. in-8°. (Hommage de l'Auteur.)

Réformes scientifiques. Rapport, par J. Bellver. Madrid, 1899; 1 fasc. in-12.

Den norske Nordhavsexpedition 1876-1878. XXV. *Zoologi. Thalamophora,* ved Hans Kiœr. XXVI. *Zoologi. Hydroida,* af Kristine Bonnevie. Christiania, 1899; 2 fasc. in-4°.

Archives des Sciences biologiques, publiées par l'Institut impérial de Médecine expérimentale à Saint-Pétersbourg. T. VII, n° 4. Saint-Pétersbourg, 1899 (édition française); 1 fasc. in-4°.

The geographical Journal. Vol. XV, n° 1, January 1900. London; 1 fasc. in-8°.

Pharmaceutical Journal. Fourth series, n° 1541, Jan. 6, 1900. London; 1 fasc. in-4°.

Wiener klinische Wochenschrift, Organ der k. k. Gesellschaft der Aerzte in Wien. XIII. Jahrgang, n° 1. Wien, 4 Jänner 1900; 1 fasc. in-4°.

ERRATA.

(T. CXXIX, Séance du 26 décembre 1899.)

Présentation d'un travail de M. *Erland Nordenskjold,* par M. *Albert Gaudry :*

Page 1217, ligne 18, *au lieu de* Marauchenia, *lisez* Macrauchenia.

COMPTES RENDUS

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 15 JANVIER 1900,

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE LÉVY.

CORRESPONDANCE.

M. le **Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts** invite l'Académie à lui présenter une liste de deux candidats pour la chaire d'Embryogénie comparée, actuellement vacante au Collège de France.

(Renvoi à la Section d'Anatomie et Zoologie.)

M. **H. Parenty** prie l'Académie de le comprendre parmi les candidats à une place de Correspondant pour la Section de Mécanique.

(Renvoi à la Section de Mécanique.)

M. **R. Bouilhac**, M. **E. Perrin** adressent des remercîments à l'Académie pour les distinctions accordées à leurs travaux.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance, le deuxième Volume de la « Faune des Vertébrés de la Suisse, comprenant la Ire Partie de l'Histoire naturelle des Oiseaux », par M. *Victor Fatio*, de Genève. (Présenté par M. A. Milne-Edwards.)

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la distribution des réduites anormales d'une fonction*. Note de M. **H. Padé**, présentée par M. Appell.

« I. J'ai fait connaître, dans une Note présentée à l'Académie en 1890, le théorème qui règle cette distribution et qui est fondamental dans la théorie de la formation des fractions continues holoïdes [1] pour les fonctions qui peuvent avoir des réduites anormales.

» Pour l'établir simplement, je prendrai pour point de départ la proposition suivante : *Soient* S_1 *et* S_2 *deux séries entières en* x, *ayant chacune un terme constant différent de zéro, et* (μ_1, μ_2) *un couple de nombres entiers, positifs ou nuls. Si deux polynomes* X_1 *et* X_2, *dont les degrés sont au plus égaux respectivement à* μ_1 *et* μ_2, *satisfont à la condition*

$$S_1 X_1 + S_2 X_2 = (x^{\mu_1+\mu_2+1}), \tag{1}$$

où le second membre représente un infiniment petit d'ordre au moins égal à $\mu_1 + \mu_2 + 1$, *les quotients* Y_1, Y_2 *de ces polynomes divisés par leur plus grand commun diviseur, constituent un couple de polynomes dont le quotient changé de signe,* $-\frac{Y_2}{Y_1}$, *est la réduite qui correspond au point* (μ_1, μ_2), *pour la fonction* $\frac{S_1}{S_2}(x)$.

» Soient alors ν_1 et ν_2 les degrés de Y_1 et Y_2, et supposons que l'on ait

$$S_1 Y_1 + S_2 Y_2 = S x^{\nu_1+\nu_2+\lambda+1},$$

S désignant une série entière avec un terme constant différent de zéro, et λ étant un entier positif ou nul.

» Si l'on désigne un entier, positif ou nul, au plus égal à λ, et que l'on

---

[1] *Mémoire sur les développements en fractions continues de la fonction exponentielle* (*Annales scientifiques de l'École Normale supérieure*, 3e série, t. XVI; 1899. *Voir* nos 13 et 24).

observe que

$$\nu_1+\nu_2+\lambda+1=(\nu_1+i)+\nu_2+(\lambda-i)+1=\nu_1+(\nu_2+i)+(\lambda-i)+1,$$

on voit de suite que le couple de polynomes Y_1, Y_2 correspondra à tous les points

$$\begin{matrix}(\nu_1+i, \nu_2 \quad\;\;) \\ (\nu_1, \quad\;\; \nu_2+i)\end{matrix} \qquad (i=0, 1, 2, \ldots, \lambda).$$

» Considérons maintenant l'un quelconque de ces points, par exemple le point (ν_1+i, ν_2), et multiplions les deux membres de la relation

$$S_1Y_1+S_2Y_2=Sx^{(\nu_1+i)+\nu_2+(\lambda-i)+1},$$

par x^j, j désignant un entier, positif ou nul, au plus égal à $\lambda-i$; on obtient

$$S_1Y_1x^j+S_2Y_2x^j=Sx^{(\nu_1+i+j)+(\nu_2+j)+(\lambda-i-j)+1},$$

qui montre que le couple de polynomes Y_1, Y_2 correspond aux points

$$(\nu_1+i+j, \nu_2+j) \qquad [j=0, 1, 2, \ldots, (\lambda-i)].$$

» Il est ainsi démontré que *le couple* $Y_1 Y_2$ *de polynomes correspond à tous les points*

$$\begin{matrix}(\nu_1+i+j, \nu_2+j) \\ (\nu_1+j, \quad \nu_2+i+j)\end{matrix} \qquad \begin{bmatrix} i=0, 1, 2, \ldots, \lambda \\ j=0, 1, 2, \ldots, (\lambda-i)\end{bmatrix}.$$

» Ces points sont ceux du carré dont les côtés ont pour équations

$$x=\nu_1, \qquad x=\nu_1+\lambda, \qquad y=\nu_2, \qquad y=\nu_2+\lambda.$$

» *Les mêmes polynomes ne peuvent correspondre à aucun autre point.* Si, en effet, ils correspondent au point (μ_1, μ_2), c'est que l'on a une relation telle que (1), X_1 et X_2 désignant les produits, de degrés au plus égaux à μ_1, μ_2, de Y_1 et Y_2 par un même polynome Z. Le degré de Z est donc au moins égal à

$$\mu_1+\mu_2+1-(\nu_1+\nu_2+\lambda+1)=(\mu_1-\nu_1)+(\mu_2-\nu_2)-\lambda.$$

» Supposons que l'un au moins des nombres $\mu_1-\nu_1$, $\mu_2-\nu_2$ soit plus grand que λ; soit, par exemple, $\mu_2-\nu_2-\lambda>0$; alors le degré de Z est supérieur à $\mu_1-\nu_1$ et le produit ZY_1 ou X_1 est de degré supérieur à μ_1, ce

qui est contradictoire. Donc, on a nécessairement à la fois

$$\mu_1 \leqq \nu_1 + \lambda, \qquad \mu_2 \leqq \nu_2 + \lambda.$$

» D'ailleurs, μ_1 et μ_2 sont évidemment au moins égaux à ν_1 et ν_2, ce qui établit la proposition.

» L'existence d'un théorème analogue pour le cas de plus de deux séries S semble des plus vraisemblables, encore que la démonstration de la proposition qui nous a servi de point de départ ne s'aperçoive pas alors aisément.

» II. La démonstration pourrait encore se faire au moyen du théorème suivant :

» *Pour obtenir les réduites de la fonction* $\frac{S_1}{S_2}(x)$, *dont les points représentatifs sont sur la droite* $y - x = \alpha$, α *désignant un entier quelconque, on considère la série* $z^\alpha \frac{S_1}{S_2}\left(\frac{1}{z}\right)$, *et on la développe en fraction continue de la forme*

$$a_0 + \cfrac{1}{a_1 + \cfrac{1}{a_2 + \cdots}}$$

comme il est usuel pour les séries procédant suivant les puissances descendantes de la variable. Les réduites successives de cette fraction, multipliées par $z^{-\alpha}$, *donnent, en remplaçant* z *par* $\frac{1}{x}$, *la suite considérée de réduites.*

» A ce point de vue, l'existence d'une réduite correspondant à plusieurs points de la droite, est liée à l'existence d'un quotient incomplet de degré supérieur à l'unité; et ce degré donne exactement le nombre de points de la droite auxquels correspond la réduite.

» Ce théorème, qui rattache la théorie des réduites correspondant à une fonction *unique* $\frac{S_1}{S_2}(x)$ aux développements, en fractions continues de la forme indiquée, d'un *nombre illimité* de fonctions différentes $z^\alpha \frac{S_1}{S_2}\left(\frac{1}{z}\right)$, ouvre la voie à la généralisation des nombreuses propriétés connues des réduites des fractions continues de cette nature. »

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la réduction d'un problème algébrique.* Note de M. J. PTASZYCKI, présentée par M. Appell.

« Dans les *Comptes rendus* du 5 mars 1894, M. Goursat a montré que la solution d'une question intéressante du calcul intégral (pour plus de détails *voir* APPELL et GOURSAT, *Théorie des fonctions algébriques*) se ramène au problème qui peut être énoncé comme il suit :

» Étant donnés sur une courbe algébrique $F(x, y) = 0$, de genre p, $2q$ points (¹)

$$(a_1, b_1), \ldots, (a_q, b_q); \quad (\alpha_1, \beta_1), \ldots, (\alpha_q, \beta_q),$$

existe-t-il une fonction rationnelle $\varphi(x, y)$ et un nombre entier positif m tels que φ reste partout finie et différente de zéro, sauf aux points (a, b) qui soient des zéros d'ordre m et aux points (α, β) qui soient des pôles d'ordre m? C'est sur ce problème que je vais présenter quelques réflexions.

» Rappelons-nous qu'en cherchant à résoudre le problème énoncé, on pourrait procéder par des essais en supposant successivement $m = 1, 2, \ldots$. Or, si l'on voulait appliquer ce procédé sans y apporter de perfectionnements convenables, on aurait à refaire toutes les opérations pour chaque nouvelle valeur de m et, en même temps, l'ordre de la fonction examinée augmenterait de plus en plus. Cet inconvénient, pour la plus simple supposition concernant les points donnés, fut levé par Abel, au moyen des fractions continues, pour le cas de y égal à la racine carrée d'un polynome, et par Tchebychef pour celui de la racine cubique (*Œuvres*, t. I, Mémoire 24). Dans la Note présente, je me propose d'indiquer sommairement comment on peut étendre ces résultats particuliers au cas général du problème.

» Considérons d'abord la suite

$$\psi_1, \psi_2, \ldots,$$

où $\psi_m(x, y)$ désigne une fonction rationnelle (quelconque) du plus petit ordre possible admettant, entre autres, q points (a, b) comme zéros

---

(¹) Si l'on veut, le nombre q peut être supposé $\leqq p$. Quant aux points (a, b) il n'est pas nécessaire de les supposer distincts; il en est de même des points (α, β).

d'ordre m et q points (α, β) comme pôles d'ordre m. Il est évident que si le problème posé a une solution φ, cette fonction φ se trouvera nécessairement parmi les termes de la suite; on en conclut que le problème en question peut être ramené à la recherche des fonctions ψ.

» Cela posé, nous allons montrer que cette recherche, à son tour, peut être remplacée par celle de fonctions plus simples.

» Soit $\theta_1(x, y)$ une fonction rationnelle (quelconque) du plus petit ordre possible admettant q points (a, b) comme zéros simples et q points (α, β) comme pôles simples et soient respectivement (c'_1, d'_1), (c'_2, d'_2), ... et (γ'_1, δ'_1), (γ'_2, δ'_2), ... les zéros et les pôles simples supplémentaires de cette fonction [1]; soit, de même, θ_2 une fonction rationnelle du plus petit ordre possible admettant les points (a, b) et (γ', δ') comme zéros simples et les points (α, β) et (c', d') comme pôles simples et soient (c''_1, d''_1), ... et (γ''_1, δ''_1), ... les zéros et les pôles simples supplémentaires de cette fonction; soit θ_3 une fonction du plus petit ordre possible admettant les zéros simples (a, b) et (γ'', δ'') et les pôles simples (α, β) et (c'', d''); .... On a ainsi une suite de fonctions

$$\theta_1, \quad \theta_2, \quad \ldots,$$

qui jouissent de propriétés importantes.

» L'ordre de la fonction θ est tout au plus égal au nombre fixe $q + 2p$. A l'aide des fonctions θ, par la formule

$$\psi_m = \theta_1 \theta_2 \ldots \theta_m,$$

on peut calculer toutes les fonctions ψ et en particulier la fonction φ, si elle existe. En même temps, nous avons la proposition suivante analogue à celle d'Abel sur la périodicité de la fraction continue :

» Pour que le problème énoncé ait une solution φ, il faut et il suffit que la suite

$$\theta_1, \quad \theta_2, \quad \ldots,$$

puisse être supposée périodique.

» *Remarque.* — Je ne m'occuperai pas ici du procédé propre à faciliter la

---

(1) Le nombre des zéros supplémentaires, ainsi que celui des pôles, ne surpasse pas p. Il peut se faire que quelques-uns des points (c', d') et (γ', δ') viennent se confondre respectivement avec des points (α, β) et (a, b); cette circonstance ne nuira pas à notre but, quoique la fonction trouvée ne satisfera pas, à proprement parler, à toutes les conditions requises.

détermination des fonctions θ; en tout cas, on voit bien qu'elles s'obtiendront par des opérations connues; je ne m'arrêterai pas non plus au cas assez général où le problème lui-même peut être simplifié, ni à celui plus particulier où l'on a des résultats proches de ceux d'Abel. Je ferai seulement remarquer qu'il est quelquefois préférable de modifier l'idée de la réduction exposée. »

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Détermination d'invariants attachés au groupe* G_{168} *de M. Klein*. Note de M. **A. Boulanger**, présentée par M. Appell.

« L'intégration algébrique des équations différentielles linéaires et homogènes du troisième ordre (E) à coefficients rationnels et des systèmes (S)

$$\left.\begin{aligned} r &= a_1 p + a_2 q + a_3 z \\ s &= b_1 p + b_2 q + b_3 z \\ t &= c_1 p + c_2 q + c_3 z \end{aligned}\right\} \text{(Notations de Monge)}$$

dont l'intégrale dépend linéairement de trois constantes arbitraires et dont les coefficients sont rationnels en x, y, peut être regardée comme une question parfaitement résolue, une fois calculés, pour chaque groupe discontinu fini de transformations homographiques, quatre invariants différentiels fondamentaux, I, J, M, N, analogues à l'invariant schwarzien. Ces invariants, signalés par M. Painlevé (*Comptes rendus*, 1887), sont définis par les relations

$$\mathrm{I}\nabla = \frac{\partial^2 u}{\partial x^2}\frac{\partial v}{\partial x} - \frac{\partial^2 v}{\partial x^2}\frac{\partial u}{\partial x},$$

$$3\mathrm{M}\nabla = \frac{\partial^2 u}{\partial x^2}\frac{\partial v}{\partial y} - \frac{\partial^2 v}{\partial x^2}\frac{\partial u}{\partial y} + 2\left(\frac{\partial^2 u}{\partial x \partial y}\frac{\partial v}{\partial x} - \frac{\partial^2 v}{\partial x \partial y}\frac{\partial u}{\partial x}\right),$$

où

$$\nabla = \frac{\partial u}{\partial x}\frac{\partial v}{\partial y} - \frac{\partial v}{\partial x}\frac{\partial u}{\partial y},$$

et où u, v sont les variables de la transformation, x, y les fonctions fondamentales invariantes attachées au groupe considéré. J et N se déduisent de I et de M en permutant à la fois (u, v) et (x, y). Les quatre fonctions I, J, M, N, considérées comme fonctions de u et v, sont rationnelles en (u, v) et invariantes par les substitutions du groupe; ce sont, par suite,

des fonctions rationnelles de x et de y. J'en ai donné précédemment le calcul explicite dans le cas du groupe G_{216} de Hesse (*Journal de l'École Polytechnique,* 2e série, Cahier n° 4), et j'en ai, en même temps, développé les applications. Je me propose de donner ici les résultats relatifs au groupe G_{168} de M. Klein.

» En dehors de leur utilité dans le problème indiqué plus haut, ces invariants se présentent dans d'autres questions (notamment en Géométrie projective); leur détermination peut donc offrir quelque intérêt.

» Le groupe de M. Klein est formé de 168 substitutions dérivées de 3 substitutions fondamentales

$$\begin{array}{l|l|l} u' = v & \varepsilon u & \alpha u + \beta v + \gamma w \\ v' = w & \varepsilon^4 v & \beta u + \gamma v + \alpha w \\ w' = u & \varepsilon^2 w & \gamma u + \alpha v + \beta w \end{array} \qquad \text{où} \qquad \varepsilon = e^{\frac{2\pi i}{7}},$$

$$\alpha = \frac{\varepsilon^5 - \varepsilon^2}{\sqrt{-7}}, \qquad \beta = \frac{\varepsilon^3 - \varepsilon^4}{\sqrt{-7}}, \qquad \gamma = \frac{\varepsilon^6 - \varepsilon}{\sqrt{-7}}.$$

» Soit

$$A = u^3 v + v^3 w + w^3 u;$$

désignons par B le hessien de la forme A et par C le hessien de A bordé des dérivées de B. Les fonctions fondamentales invariantes sont

$$x = \frac{B^2}{A^3}, \qquad y = \frac{C}{A^2 B},$$

en faisant $w = 1$. Posons

$$2H(x, y) = 49 \left\{ \begin{array}{l} xy^3 - 88xy^2 + 1008x^2y + 1088xy - 256y \\ \quad + 1728x^3 - 60032x^2 + 22016x - 2048 \end{array} \right\}$$

» On trouve pour ce groupe

$$J = \frac{x}{H(x, y)} \left\{ 81x^3 - 3xy + 520x - 80 \right\}$$

$$3N = -\frac{1}{H(x, y)} \left\{ \begin{array}{l} 15y^2x + 162x^2y - 3146xy + 120y \\ - 7700x^2 - 26320x - 5544 \end{array} \right\}$$

$$3M = -\frac{1}{xH(x, y)} \left\{ \begin{array}{l} 24xy^3 + 108x^2y^2 - 3258xy^2 - 60y^2 \\ + 111yx^2 + 12759xy - 8261y \\ - 532943x^2 + 384882x - 51047 \end{array} \right\}$$

$$I = \frac{1}{x^2 H(x, y)} \left\{ \begin{array}{l} 3xy^4 + 24x^2y^3 - 357xy^3 + 10y^3 \\ + 86691x^2y^2 + 9299xy^2 - 544y^2 \\ + 80235x^3y + 1810251x^2y + 298689xy - 10841y \\ + 741086x^3 + 5096436x^2 + 2212558x + 72664. \end{array} \right\}$$

» Le système canonique attaché au groupe de M. Klein :

$$\begin{cases} r = \quad \mathrm{M}p - \mathrm{I}q + \left[2(\mathrm{M}^2 + \mathrm{I}\,\mathrm{N}) - \dfrac{\partial \mathrm{M}}{\partial x} + \dfrac{\partial \mathrm{I}}{\partial y}\right]z, \\ s = -\mathrm{N}p - \mathrm{M}q + \left[\quad \mathrm{IJ} - \mathrm{MN} \quad + \dfrac{\partial \mathrm{M}}{\partial y} + \dfrac{\partial \mathrm{N}}{\partial x}\right]z, \\ t = -\,\mathrm{J}p + \mathrm{N}q + \left[2(\mathrm{N}^2 + \mathrm{JM}) - \dfrac{\partial \mathrm{N}}{\partial y} + \dfrac{\partial \mathrm{J}}{\partial x}\right]z, \end{cases}$$

intégrable algébriquement, a pour intégrale générale la famille de surfaces de degré $3 \times 168 = 504$, définies par les équations

$$\mathrm{A}^3 x - \mathrm{B}^2 = 0, \qquad \mathrm{A}^2 \mathrm{B} y - \mathrm{C} = 0,$$
$$\mathrm{A}^6 z^3 - (\alpha u + \beta v + \gamma)^3 \mathrm{K} = 0;$$

A, B, C sont les fonctions définies plus haut; K est le jacobien de A, B, C; α, β, γ sont trois constantes arbitraires ($w = 1$).

» Le système (S) le plus général, intégrable algébriquement et dont le groupe est celui de M. Klein, se déduira du système canonique par le changement de variables et de fonction :

$$x = \mathrm{P}(\xi, \eta); \qquad y = \mathrm{Q}(\xi, \eta); \qquad z = \sqrt[n]{\chi(\xi, \eta)}\,\zeta,$$

P, Q, χ étant trois fonctions rationnelles arbitraires de ξ et de η, et n un entier quelconque.

» Cette Note est le résumé d'un Mémoire qui paraîtra prochainement dans le *Journal de l'École Polytechnique*. »

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Champs de vecteur et champs de force. Action réciproque des masses scalaires et vectorielles. Énergie localisée.* Note de M. **André Broca**, présentée par M. A. Cornu.

« M. Vaschy a montré qu'on peut rendre compte d'un champ de vecteur quelconque au moyen : 1° de masses scalaires analogues aux masses de discontinuité et aux masses laplaciennes de l'électricité et du magnétisme; 2° de masses vectorielles, agissant comme les éléments de courant, et localisées là où le champ de vecteur ne dérive pas d'un potentiel. Dans une Note précédente, j'ai montré (*Comptes rendus*, t. CXXIX, p. 1016) que les secondes peuvent être remplacées par des feuillets des premières analogues aux feuillets magnétiques.

» D'après M. Vaschy, le champ de force est défini par le fait que le champ de vecteur de la forme $\psi = \Sigma \frac{M}{r^2}$ agit sur un certain corps A. Mais nous pouvons considérer un corps de grandeur différente de A, sur lequel l'action sera différente. Nous pourrons alors supposer que A est doué d'une certaine masse particulière μ, et que la force qui agit sur lui est de la forme $F = K \frac{M\mu}{r^2}$, K étant une constante de dimensions convenables.

» Nous allons démontrer la proposition suivante :

» *Dans un champ de force, deux masses de la nature de celles qui créent le champ sont soumises à une force réciproque, qu'elles soient scalaires ou vectorielles.*

» Ceci est une conséquence du principe de la conservation de l'énergie.

» Soit un corps A explorateur du champ. Quand il se déplace sous l'action de la force qui agit sur lui, il peut produire du travail ou acquérir de la force vive. Supposons qu'à un instant il soit maintenu fixe par un ressort. Produisons une perturbation du champ de vecteur, en changeant la distance de deux masses de M. Vaschy. Au moment où la perturbation arrivera sur le corps A, celui-ci produira un travail sur son ressort, si la perturbation a eu pour effet d'augmenter le champ. Le principe de la conservation de l'énergie exige que de l'énergie ait été dépensée pour la variation de distance des masses qui a produit la perturbation. Il faut donc que ces masses soient soumises à une action réciproque.

» Ce que je viens de dire s'applique textuellement si, au lieu d'avoir un corps A soumis à une force mécanique dans le champ de vecteur, on a au même point une transformation d'énergie quelconque.

» Nous voyons ainsi que si l'identité de nature entre la masse caractérisque du corps explorateur et celle des masses de M. Vaschy n'est pas nécessaire mathématiquement, elle est suffisante pour qu'il y ait un champ de force, s'il existe un corps A quelconque, ou un transport d'énergie quelconque.

» Nous avons des exemples connus de cette action réciproque pour les courants électriques et les tourbillons, qui sont des masses vectorielles caractérisées par la transformation de l'énergie électrique ou mécanique en chaleur là où elles existent. Si l'on veut réduire à une action élémentaire celle des masses vectorielles, on trouvera soit la loi d'Ampère, soit une des lois équivalentes qui en diffèrent par une différentielle exacte.

» Supposons maintenant un champ de vecteur quelconque, soumis à la

condition seulement qu'il puisse exister des corps convenables, dans lesquels le champ ne puisse se maintenir. On voit aisément que les masses de discontinuité ont alors une action mécanique réciproque.

» En effet, soit Σ la surface limite d'un pareil corps, elle peut être considérée comme engendrant le champ de vecteur par des masses scalaires de discontinuité. Appliquons à ces masses de tout point analogues aux masses électriques ou magnétiques le théorème $\int_S (lX + mY + nZ)\,d\omega = 4\pi M$, S étant une surface qui enveloppe Σ en en étant infiniment voisine; X, Y, Z, les composantes du vecteur sur l'élément $d\omega$ de S, M la masse totale répartie sur la surface Σ.

» Soit m la masse sur un élément de Σ. Elle est fonction de la discontinuité $X_1\,Y_1\,Z_1$ en ce point. Amenons en présence de Σ le corps Σ' dont la surface possède des masses m dont la somme est μ. Nous allons changer en chaque point de Σ la valeur de $X_1\,Y_1\,Z_1$, donc la valeur de m.

» Cependant, la valeur totale M n'aura pas changé, car la surface de Σ' étant extérieure à celle de Σ, la valeur $\int_S (lX' + mY' + nZ')\,d\omega = 0$, si X', Y', Z' sont les composantes dues à la discontinuité de Σ'. Nous voyons donc que, comme première approximation, la simple superposition des deux champs Σ et Σ' ne modifiera pas la masse totale M répartie sur Σ, mais en modifiera la répartition. De même la présence de Σ modifiera la répartition sur Σ', mais non la quantité de masse de discontinuité. Nous pouvons reprendre le raisonnement sur les nouvelles répartitions et nous arriverons par approximations successives au résultat final. C'est, en effet, la méthode de Murphy employée en Électricité.

» Nous exprimerons donc physiquement l'ensemble de ces faits, en disant que les masses qui couvraient Σ ont été soumises, de la part de celles de Σ', à des forces qui les ont déplacées à la surface de Σ, sans changer leur valeur totale.

» Dans ces conditions, les corps eux-mêmes devront exercer l'un sur l'autre une action mécanique, tout en subissant des phénomènes analogues à l'induction.

» L'expérience vérifie ce nouveau point de vue pour les corps électrisés, les corps magnétisés, les corps flottant à la surface des liquides, les résonateurs acoustiques et les sphères pulsantes de Bjerknes. On prévoit aussi par d'autres considérations une poussée due aux radiations, trop petite pour avoir été mesurée.

» Supposons maintenant un champ de transport d'énergie, soit par régime variable, soit par régime permanent, et doué d'une vitesse finie de propagation. Produisons une perturbation en faisant mouvoir une masse de Vaschy. L'énergie mécanique ainsi dépensée modifiera le champ et sera l'origine de celle qui sera recueillie sur un récepteur placé en un point éloigné. Le principe de la conservation exige que cette énergie ait existé constamment entre le moment de sa production et celui de sa réception. Il faut donc que la variation du champ de vecteur soit accompagnée d'un flux d'énergie, c'est-à-dire que le champ soit dû à de l'énergie localisée.

» *Conclusion.* — Quand, dans un champ vecteur, il y a une transformation d'énergie, soit en régime permanent, soit en régime variable, ou qu'il existe des corps de nature telle qu'ils ne laissent pas subsister le champ dans l'espace qu'ils occupent, les masses scalaires et vectorielles de M. Vaschy ont une action mécanique l'une sur l'autre et entre elles, de la même forme mathématique que les actions entre masses magnétiques et éléments de courant électrique.

» Quand un pareil champ est doué d'une vitesse de propagation finie pour une perturbation, sa production est due à de l'énergie localisée. »

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur la distribution du potentiel dans un milieu hétérogène.* Note de M. **A.-A. Petrovsky**, présentée par M. Lippmann.

« J'ai l'honneur de présenter à l'Académie un résumé de quelques résultats de recherches mathématiques concernant les questions suivantes :

» I. Capacité d'un condensateur plan, sphérique ou cylindrique de deux surfaces métalliques, entre lesquelles se trouvent plusieurs couches de diélectriques différents.

» II. Distribution du potentiel autour d'une sphère métallique disposée au centre d'une autre sphère n'isolant qu'imparfaitement.

» III. Capacité de la sphère ci-mentionnée, mesurée par un des procédés employés ordinairement (c'est-à-dire au moyen de courants alternatifs).

» Maxwell, dans son célèbre *Traité d'Électricité et de Magnétisme,* t. I, a donné une formule qui exprime la capacité d'un condensateur plan contenant plusieurs couches diélectriques. En résolvant l'équation de Laplace

sous la forme qui lui a été donnée par Maxwell, c'est-à-dire

$$\frac{\partial}{\partial x}\left(K\frac{\partial V}{\partial x}\right)+\frac{\partial}{\partial y}\left(K\frac{\partial V}{\partial y}\right)+\frac{\partial}{\partial z}\left(K\frac{\partial V}{\partial z}\right)=0,$$

transformée en coordonnées sphériques ou cylindriques, j'ai obtenu, pour la capacité d'un condensateur, avec n couches diélectriques, les formules suivantes :

» *a.* Condensateur plan : toutes les couches sont séparées par des surfaces planes perpendiculaires à l'axe des Z :

$$(1)\qquad C_p=\frac{S}{4\pi\sum_{i=1}^{i=n}\frac{d_i}{K_i}},$$

où S représente la surface d'une plaque; d_i et K_i sont respectivement l'épaisseur et le pouvoir inducteur spécifique du diélectrique qui forme la couche numéro i.

» *b.* Condensateur sphérique : toutes les couches sont des surfaces sphériques concentriques :

$$(2)\qquad C_s=\frac{1}{\sum_{i=1}^{i=n}\frac{1}{K_i}\left(\frac{1}{r_{i-1}}-\frac{1}{r_i}\right)},$$

où r est le rayon de la sphère qui doit séparer la couche numéro i de la couche numéro $i+1$.

» *c.* Condensateur cylindrique : toutes les couches sont séparées par des surfaces cylindriques coaxiales :

$$(3)\qquad C_c=\frac{l}{2\sum_{i=1}^{i=n}\frac{1}{K_i}\log\frac{\rho_i}{\rho_{i-1}}},$$

où l est la longueur du cylindre, ρ_i est le rayon extérieur de la couche numéro i.

» On peut déduire de la formule (2) une autre expression très intéressante pour la capacité d'une sphère de rayon r_0 entourée d'une sphère diélectrique de rayon r_1.

» En désignant par C la capacité de la sphère indiquée (r_0), nous obte-

nons C par la formule suivante :

$$(4) \qquad C = \frac{1}{\frac{1}{K}\left(\frac{1}{r_0} - \frac{1}{r_1}\right) + \frac{1}{r_1}}.$$

» Le problème (2) nécessite la solution de la question suivante :

» Une sphère conductrice de rayon r_0 plongée dans une autre sphère de rayon r_1, formée par un isolateur imparfait, est liée par un fil métallique à une source de potentiel électrique. Celui-ci peut être une fonction quelconque du temps $|V|_{r=r_0} = F(t)$ et tout le système peut avoir au moment initial une distribution de potentiel $|V|_{t=0} = F(r)$. On demande de trouver la distribution de potentiel à chaque moment et dans tous les points de l'espace.

» En désignant par K et k le pouvoir inducteur et la conductibilité spécifique, on trouve

$$(5) \qquad \begin{cases} \frac{1}{r^2}\frac{\partial}{\partial r}\left(Kr^2\frac{\partial V}{\partial r}\right) = -4\pi\rho, \\ \frac{1}{r^2}\frac{\partial}{\partial r}\left(kr^2\frac{\partial V}{\partial r}\right) = \frac{\partial\rho}{\partial t} \end{cases}$$

(V est le potentiel, ρ la densité de volume).

» En intégrant les formules précédentes, on obtient finalement

$$(6) \qquad \begin{cases} |V|_r = F(t)\,c\left[\frac{1}{K}\left(\frac{1}{r} - \frac{1}{r_1}\right) + \frac{1}{r_1}\right] + Me^{-\alpha t} \\ \qquad + \frac{\frac{1}{r_0} - \frac{1}{r}}{Kr_1}ac^2 e^{-\frac{act}{r_1}}\int_0^t e^{\frac{act}{r_1}}F(t)\,dt \end{cases}$$

$\left[a \text{ représente le facteur } \frac{4\pi k}{K},\ c \text{ est l'expression } (4)\right]$.

» Cette formule donne le potentiel dans un point intérieur à la sphère r_1. Pour un point extérieur à cette sphère, nous avons

$$(7) \qquad |V|_R = \frac{1}{R}\left[cF(t) + Ne^{-\beta t} + \frac{ac(r_1 - c)}{r_1^2}e^{-\frac{act}{r_1}}\int_0^t e^{\frac{act}{r_1}}F(t)\,dt\right].$$

» Chacun des termes constituant ces formules a un sens physique déterminé.

» Le premier n'est rien d'autre que la valeur du potentiel électrique excité au point donné par la charge qui se trouve à ce moment sur la sur-

face de la sphère intérieure (comme si la seconde sphère n'était point conductrice, mais conservait le pouvoir inducteur K).

» Le second terme n'est qu'une dénomination courte d'une série de termes. Le caractère commun de ceux-là est tel qu'ils dépendent des conditions initiales et s'annulent pour $T = \infty$.

» Il reste le troisième terme qui présente naturellement la valeur du potentiel électrique, provenant des charges qui ont pénétré dans la sphère extérieure. »

PHYSIQUE. — *Sur le covolume dans l'équation caractéristique des fluides.* Note de M. **Daniel Berthelot**, présentée par M. H. Becquerel.

« La plupart des physiciens admettent que l'équation caractéristique des fluides est de la forme $(p + P)(v - b) = RT$, c'est-à-dire qu'à la pression externe p, il faut ajouter la pression interne P due à l'attraction des molécules, et que, du volume apparent v du fluide, il faut retrancher un terme b appelé *covolume*, qui est égal au volume des molécules ou qui, tout au moins, en dépend immédiatement.

» Cette forme proposée par Hirn pour des raisons en quelque sorte intuitives, représente bien l'ensemble des phénomènes. Toutefois, les théoriciens n'ont pu arriver à mettre en évidence le covolume comme l'expérience semble l'imposer. Van der Waals, Lorentz, Korteweg, Tait ne l'introduisent que comme approximation.

» Les théories cinétiques [1] aboutissent à des équations de forme

$$(1) \qquad p + \frac{a}{v^2} = \frac{RT}{v}\left(1 + \frac{b}{v} + \alpha_1 \frac{b^2}{v^2} + \alpha_2 \frac{b^3}{v^3} + \ldots\right).$$

» Si $\frac{b}{v}$ est petit, on peut négliger les puissances supérieures à la première et remplacer $1 + \frac{b}{v}$ par $1 : \left(1 - \frac{b}{v}\right)$, ce qui donne l'équation de Van der Waals :

$$(2) \qquad p + \frac{a}{v^2} = \frac{RT}{v - b}.$$

» D'après cela, l'équation (1) serait rigoureuse et l'équation (2) approximative. L'expérience conduit à une conclusion opposée.

» Quand la pression est faible, v est grand, $b : v$ est petit, l'approximation est légitime et l'équation (1) ne doit pas donner de résultats très différents de celle de Van der Waals. Or j'ai montré, dans ma dernière Note, que c'est dans ce cas que cette dernière représente le plus mal les faits et que, les constantes étant déterminées par

---

[1] Voir, en particulier, Lorentz, *Wied. Ann.*, t. XII; 1881.

les coordonnées du point critique, l'équation donne, sur l'isotherme critique au voisinage de la pression atmosphérique, des volumes inférieurs de 30 pour 100 aux volumes observés. Selon MM. Boltzmann et Jæger [1], dont les calculs s'accordent sur ce point avec ceux de Clausius, $\alpha_1 = \frac{5}{8}$, ce qui conduit, en posant $\varpi = \frac{p}{p_c}$, $\theta = \frac{T}{T_c}$, $\upsilon = \frac{v}{v_c}$, à l'équation réduite

$$\varpi = \frac{5,191}{\upsilon^2} = \frac{3\theta}{\upsilon}\left(1 + \frac{0,7303}{\upsilon} + \frac{0,3333}{\upsilon^2}\right). \tag{3}$$

Selon M. Van der Waals $\alpha_1 = \frac{15}{32}$, ce qui conduit à

$$\varpi + \frac{5,530}{\upsilon^2} = \frac{3\theta}{\upsilon}\left(1 + \frac{0,8433}{\upsilon} + \frac{0,3333}{\upsilon^2}\right). \tag{4}$$

Ces équations donnent pour l'ordonnée à l'origine sur l'isotherme critique (en portant en ordonnées les produits $\varpi\upsilon$, en abcisses les pressions ϖ) la valeur 3, au lieu que l'équation de Van der Waals donne 2,667 et l'expérience 3,60. Les volumes gazeux calculés sont encore de 20 pour 100 inférieurs aux volumes observés. Si l'on prend les coefficients suivants, α_2 α_3, ... on trouve des valeurs comprises entre 3 et 2,667.

» Quand la pression est forte, $b:v$ cesse d'être assez petit pour qu'on puisse négliger les puissances supérieures à la première (il prend même dans le cas des liquides des valeurs voisines de 1). Il n'est plus permis de regarder les équations (1) et (2) comme équivalentes. Or, j'ai montré que c'est dans ce cas que l'équation (2) donne de bons résultats. Il est à prévoir que l'équation (1) en donnera de mauvais.

» La figure ci-jointe [2] permet de s'en rendre compte. On a porté en abscisses les pressions réduites ϖ, en ordonnées les volumes réduits υ. L'isotherme critique expérimental résulte des expériences de M. Amagat sur l'anhydride carbonique et l'éthylène. L'isotherme critique de Van der Waals ne présente avec lui que des différences de l'ordre de celles qu'on rencontre en essayant du superposer les isothermes réduits de deux corps différents, tels que l'éther et l'anhydride carbonique. Par contre, les isothermes critiques III et IV, calculés d'après les équations (3) et (4), et qui se confondent à l'échelle de la figure, donnent un résultat fort médiocre. Il en est de même de l'isotherme critique V qui résulte de l'équation

$$\left(p + \frac{a}{v^2}\right)\left(v - \frac{b}{3}\right) = RT\left(1 + \frac{2}{3}\frac{b}{v} + \frac{7}{24}\frac{b^2}{v^2}\right), \tag{5}$$

dont M. Boltzmann a calculé les coefficients d'après la théorie cinétique pour améliorer la formule de Van der Waals (*Vorles. über Gastheorie*, t. II, p. 153; 1898).

» M. Van der Waals a proposé récemment une solution intermédiaire : il admet

---

[1] *Sitzb. der Akad. der Wiss. in Wien*, t. CV, II, A., p. 15 et 695; 1895.

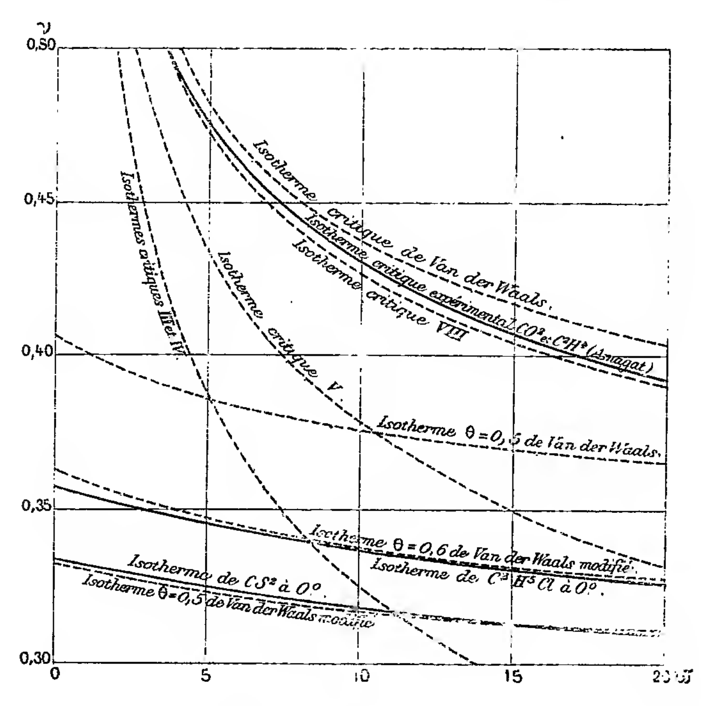
[2] Cette figure représente l'ensemble de l'état liquide, car, au-dessus de $\theta = 1$, les corps sont gazeux, et au-dessous de $\theta = 0,5$ la plupart deviennent solides.

l'équation (2) en regardant le covolume comme fonction du volume

$$(6) \qquad b = b_\infty\left(1 - \beta_1 \frac{b_\infty}{v} + \beta_2 \frac{b_\infty^3}{v^2} - \ldots\right),$$

b_∞ étant la valeur du covolume qui répond à l'état gazeux parfait.

» Selon M. Van der Waals, $\beta_1 = \frac{17}{32}$; selon M. Boltzmann, $\beta_1 = \frac{3}{8}$. Quant au terme β_2 à la suite des calculs extrêmement longs de M. Van Laar, M. Van der Waals le fixe



à 0,0958, M. Boltzmann à 0,0369 (*Akad. vàn Wet. te Amsterdam*, t. I, p. 273, 398, 468; 1899). Les coefficients de M. Van der Waals donnent

$$(7) \qquad \left(\varpi + \frac{1,351}{v^2}\right)\left[v - 2,01\left(1 - \frac{1,0677}{v} + \frac{0,3870}{v^2}\right)\right] = 0,8410.$$

» Cette équation amène pour les deux portions de l'isotherme critique à des conclusions inadmissibles : à savoir qu'entre la pression atmosphérique et la pression critique, le gaz serait, à la température critique, moins compressible que ne l'indique la loi de Mariotte; et que les plus fortes pressions ne pourraient amener son volume au-dessous des six dixièmes environ du volume critique, tandis que l'expérience montre qu'on l'amène au voisinage du tiers de ce volume.

» Comme la formule (6) représente un développement en série dont on n'a pris que les premiers termes, ces résultats prouvent seulement que l'introduction des deux premiers termes correctifs dans le covolume n'est pas avantageuse. Ce qui a été dit

plus haut rend d'ailleurs douteux qu'un calcul plus complet fondé sur la théorie cinétique puisse conduire à des résultats satisfaisants au point de vue expérimental.

» Remarquons en passant qu'il est certaines formes de covolume variable qui mènent à des calculs plus simples et à des résultats moins paradoxaux. Si l'on pose

$$(8) \qquad b = b_\infty : \left(1 + \frac{b_\infty}{5v}\right),$$

l'équation caractéristique reste du troisième degré, l'ordonnée à l'origine est égale à 2,69 et l'isotherme critique calculé (isotherme VIII de la figure) suit l'isotherme expérimental d'un peu plus près que ne fait celui de Van der Waals.

» Si maintenant nous n'envisageons plus seulement l'isotherme critique, mais l'ensemble d'un réseau, nous remarquons qu'au delà du minimum de pv tous les isothermes prennent la forme quasi rectiligne que l'équation de Van der Waals représente bien. On peut donc espérer arriver à représenter ainsi toute la région du plan extérieure à la parabole des ordonnées minima de M. Amagat (gaz à une température très supérieure à leur point critique, gaz fortement comprimés, liquides).

» Je me bornerai ici à l'état liquide qui est le plus intéressant. L'équation même de Van der Waals donne de mauvais résultats. L'isotherme réduit $\theta = 0,5$ (voir la figure) est bien au-dessus de l'isotherme expérimental correspondant qui est fourni par les expériences de M. Amagat sur le sulfure de carbone à 0°. Toutefois la forme générale des courbes étant la même, j'ai pensé qu'il suffirait pour les améliorer de regarder le covolume comme fonction de la température. MM. de Heen et Dwelshauser-Dery ont déjà fait une remarque analogue au moment où M. Amagat a publié le réseau de l'anhydride carbonique (*Bulletin de l'Académie de Bruxelles*, 1894). Soient b_T le covolume à T, b_c sa valeur à la température critique, l'examen des portions quasi rectilignes des isothermes de l'anhydride carbonique m'a conduit à poser

$$(9) \qquad b_T = b_c\left[1 + 0,3\left(\frac{T}{T_c} - 1\right)\right],$$

ce qui mène à l'équation réduite

$$(10) \qquad \left(\varpi + \frac{3}{v^2}\right)(3v - 0,7 - 0,3\theta) = 8\theta,$$

qui, si la loi des états correspondants est exacte, doit convenir pour d'autres corps. La figure fait voir, en effet, que les isothermes $\theta = 0,500$ et $\theta = 0,600$ sont fort voisins des isothermes du sulfure de carbone à 0° et du chlorure d'éthyle à 0° qui leur répondent.

» On peut conclure de là que : *l'équation de Van der Waals, si l'on regarde le covolume comme fonction de la température, représente bien l'ensemble de l'état liquide et permet de traiter numériquement les problèmes qui s'y rapportent.* J'en donnerai prochainement quelques exemples. »

ACOUSTIQUE. — *Sur le mécanisme de l'audition des sons.* Note de M. **Firmin Larroque**, présentée par M. A. Cornu.

« Je me suis proposé d'étudier les facultés de l'oreille au point de vue de la réceptivité du son musical. Faisant d'abord abstraction de tout système musical, j'ai porté indistinctement mon attention sur tous les termes de la série continue des périodes vibratoires perceptibles tels qu'on les obtient en faisant varier insensiblement la tension ou la longueur des cordes vibrantes ou la longueur des tuyaux. J'ai employé principalement des cordes excitées par l'archet et tendues par un poids variable consistant en un récipient métallique préalablement rempli d'eau et se vidant régulièrement par un étroit siphon de caoutchouc.

» Afin de bien déterminer les parts respectives que prennent les oreilles, et spécialement les organes de Corti considérés comme étant des vibrateurs par contractilité à tension variable, et le cerveau, dans l'audition des sons, je me suis livré à une étude de ce phénomène dans des conditions spéciales consistant à soumettre respectivement, au moyen de tubes acoustiques de longueur appropriée, les deux oreilles à l'influence d'un seul et même son ou de deux sons différents provenant de sources distinctes. J'évitais soigneusement la transmission des sons par toute autre voie que celle des tubes, et, pour que la boîte cranienne ne prît aucune part au mouvement vibratoire, je n'employais que des sons de faible intensité. Enfin, pour obvier aux bruits de frottements ou de pulsations, j'interposais une épaisseur suffisante de matière grasse entre les évasements des tubes acoustiques et mes conques auditives. Cette étude a donné les résultats suivants :

» 1° Pour un même son simple, que les phases des ondes soient ou ne soient pas concordantes, le centre de la perception accuse deux impressions transmises qui se juxtaposent. Il n'y a dans aucun cas interférence.

» 2° Dans le cas de deux sons simples ou complexes (fondamental et harmoniques) le centre de la perception accuse deux impressions simples ou complexes transmises et juxtaposées, comme dans les conditions normales de l'audition. Il n'y a ni battements, ni sons résultants, et la faculté d'apprécier les intervalles des sons paraît être la même que dans les conditions normales de l'audition.

» D'où résulte que les deux oreilles sont acoustiquement distinctes, et

que l'appréciation des intervalles des sons relève d'organes situés sur les confins cérébro-auditifs, servant probablement de connexions entre les organes de Corti et les corps mous qui semblent être les prolongements du système nerveux central, connexions coordonnées harmoniquement.

» 3° Dans le cours de mes études, j'ai découvert, à ma grande surprise, que mon oreille droite présente une lacune de sensibilité, entre mi_3 et fa_3, que j'attribue à la rupture accidentelle de quelques fibres de Corti. Les variations du poids tenseur indiquent que l'amplitude de cette lacune correspond à $\frac{2}{19}$ du demi-ton en question. Cette observation apporte une première confirmation à l'hypothèse d'après laquelle les organes de Corti sont des vibrateurs sériés, en même temps qu'elle ouvre une voie insoupçonnée à la vérification microscopique.

» 4° J'ai étudié par le même procédé la vibration nerveuse par excitation acoustique, et reconnu : que l'accoutumance élargit les limites de la rapidité vibratoire des neurones; que le nombre des vibrations nettement dissociées est maximum pour des notes musicales *perlées* et très peu intenses en progression diatonique (capacité personnelle, 17 par seconde dans le médium), s'abaisse lorsque les notes sont graves, suraiguës ou liées, ou que leur progression n'est pas diatonique (nombres variables); et enfin que l'intensité du son peut, lorsqu'elle devient grande, faire tomber à 1 et au-dessous le nombre vibratoire. »

PHYSIQUE. — *Les modifications permanentes des fils métalliques et la variation de leur résistance électrique* (1). Note de M. **H. Chevallier**, présentée par M. J. Violle.

« Lorsqu'un fil métallique est soumis à des variations périodiques de température, sa résistance électrique varie d'une manière fort irrégulière.

» Soit R la résistance d'un fil à la température T_0; si on le chauffe à T_1 pour le ramener ensuite à T_0, on constate, en général, que la résistance prend, à T_0, une valeur R' différente de R.

» Le phénomène se manifeste très nettement avec les métaux et les alliages non écrouis; il est dû aux transformations allotropiques éprouvées par les fils qui se *trempent* ou se *recuisent*, ces modifications étant affectées d'hystérésis.

(1) Ce travail a été effectué au laboratoire de Physique expérimentale de la Faculté des Sciences de Bordeaux, dirigé par M. Gossart.

» L'alliage platine-argent du commerce (2 parties d'argent et 1 partie de platine) se prête admirablement à ce genre de recherches : il est inoxydable et la trempe du fil recuit augmente sa résistance d'environ 0,4 pour 100, quantité très mesurable.

» Nous avons entrepris sur cet alliage une étude systématique des variations de résistance et avons obtenu les résultats suivants :

» I. *Existence d'une limite.* — Lorsqu'on fait osciller un grand nombre de fois la température du fil entre T_0 et T_1, sa résistance R prend à T_0 des valeurs successives, R', R'', R''', ..., telles que $R' - R''$, $R'' - R'''$, ... diminue de plus en plus, sans jamais s'annuler. La valeur de la résistance se rapproche ainsi de plus en plus d'une limite qui n'est jamais atteinte.

» On a effectué plusieurs séries de soixante-dix oscillations entre $T_0 = 15°$ et $T_1 = 150°$; la résistance a pris à T_0, après chaque série, les valeurs suivantes : $1^{\omega},01509$, $1^{\omega},01500$, $1^{\omega},01493$, $1^{\omega},01490$, $1^{\omega},01488$, $1^{\omega},01487$.

» On voit que la limite est pratiquement atteinte au bout d'un petit nombre d'oscillations de température. A partir de ce moment il faudrait effectuer un très grand nombre d'oscillations pour obtenir une nouvelle variation de R; ces variations extrêmement petites sont appelées *variations séculaires*.

» II. *Limite des limites.* — La limite ainsi obtenue n'est pas unique. Il suffit d'effectuer une *perturbation* (¹) en portant le fil à une température T_2 supérieure à T_1, pour que de nouvelles oscillations entre T_0 et T_1 produisent une nouvelle limite différente de la première.

» En répétant plusieurs fois la même opération on obtient une série de limites de plus en plus rapprochées l'une de l'autre et qui tendent vers une nouvelle limite que l'on peut appeler *limite des limites* pour les oscillations T_0, T_1 et les perturbations T_2.

» Les chiffres suivants relatifs à $T_0 = 15°$, $T_1 = 150°$, $T_2 = 290°$, montrent l'existence de cette limite des limites : $1^{\omega},00706$, $1^{\omega},00809$, $1^{\omega},00850$, $1^{\omega},00875$, $1^{\omega},00887$, $1^{\omega},00895$, $1^{\omega},00905$, $1^{\omega},00907$, $1^{\omega},00909$.

» Chaque perturbation a eu pour effet de tremper le fil et d'augmenter la résistance.

» III. *Déplacement de la limite des limites.* — La valeur de la limite des limites dépend de la température de perturbation T_2 :

Pour $T_2 = 290°$ on a $R_l = 1^{\omega},00909$,
» $T'_2 = 230°$ » $R_l = 1^{\omega},00903$.

» Si l'on cherche les limites des limites relatives aux températures de perturbation : 230°, 250°, 282°, 310°, 282°, 250°, 230°, 250°, 282°, 310°, et ainsi de suite, prises dans l'ordre où elles sont écrites, on trouve les chiffres suivants :

$\overset{\omega}{1},00903$, $\overset{\omega}{1},00903$, $\overset{\omega}{1},00914$, $\overset{\omega}{1},00927$, $\overset{\omega}{1}.00921$, $\overset{\omega}{1},00918$, $\overset{\omega}{1},00918$,
1,00918, 1,00925, 1,00937, 1,00931, 1,00930, 1,00930, 1,00930,
1,00934, 1,00942, 1,00937, 1,00935, 1,00935, 1,00935, 1,00938,
1,00944.

» Ces chiffres se rapprochent de plus en plus d'une limite des limites qui serait invariable pour toute perturbation ne dépassant pas $T_2 = 310°$.

(¹) Voir Marchis, *Les modifications permanentes du verre* (Thèse), p. 223.

» Parvenu à cette limite des limites le fil est insensible à l'action des températures inférieures à 310°. Ses variations par échauffement sont parfaitement réversibles et ne présentent plus d'hystérésis.

» Tous ces résultats sont entièrement d'accord avec les conclusions développées par M. Duhem dans sa théorie des déformations permanentes des corps solides ([1]). Ils sont analogues à ceux qui ont été obtenus expérimentalement par M. Marchis pour la dilatation du verre et par M. Lenoble pour la traction des fils métalliques. »

PHYSIQUE. — *Sur le phénomène de Hall et les courants thermomagnétiques.* Note de M. G. **Moreau**, présentée par M. J. Violle.

« En 1886, Nernst et Ettingshausen ([2]) ont découvert qu'une plaque métallique mince disposée dans un champ magnétique, normalement aux lignes de force et traversée par un courant de chaleur, est le siège d'un courant électrique transversal normal aux lignes de force et à la direction du flux calorifique. Ils ont désigné la force électromotrice ainsi produite par le nom de *force électromotrice thermomagnétique*. En appelant H l'intensité du champ extérieur à la plaque, α la largeur de la plaque et $\frac{\Delta t}{\Delta x}$ la chute de température supposée positive, suivant une section de la plaque, Nernst a établi que pour les faibles champs on avait

$$e = \mathrm{K}\alpha\mathrm{H}\frac{\Delta t}{\Delta x}. \tag{1}$$

K est un coefficient qui varie avec la nature de la plaque.

» Si J est le flux calorifique qui traverse une section de la plaque, la formule (1) s'écrit facilement

$$e = \frac{\mathrm{K}}{\varpi}\frac{\mathrm{HJ}}{\varepsilon}, \tag{2}$$

où ϖ est le coefficient de conductibilité de la plaque et ε son épaisseur. Si l'on substitue au flux de chaleur un courant électrique d'intensité I, la

---

([1]) Voir Duhem, *Sur les déformations permanentes et l'hystérésis*; cinquième Mémoire (*Mémoires de l'Académie de Belgique*, in-4°, t. LVI).

([2]) Ettingshausen et Nernst, *Wiedemann Annalen*; 1886.

force électromotrice de Hall produite est, pour les faibles champs,

(3) $$E = c\frac{H}{\varepsilon}I.$$

» De la comparaison des formules (2) et (3), il résulte que les deux forces électromotrices e et E suivent des lois analogues.

» Plusieurs auteurs, dont Riecke (1), ont cherché à expliquer les phénomènes thermomagnétiques. Leurs théories reposent sur des hypothèses plus ou moins nombreuses et quelquefois assez arbitraires. La présente Note a pour objet d'établir que ces phénomènes sont une conséquence immédiate de l'effet Hall.

» Soient, en effet, deux tranches voisines de la plaque mince traversée par le flux de chaleur. Elles sont distantes de Δx et présentent une différence de température Δt. En vertu de l'effet Thomson, il y a entre ces deux tranches une différence de potentiel ΔV et l'on a

$$\Delta V = \sigma \Delta t,$$

où σ est la chaleur spécifique d'électricité de la plaque. Cette dernière équation peut s'écrire

$$\frac{\Delta V}{\Delta x} = \sigma\frac{\Delta t}{\Delta x},$$

» La force électromotrice $\frac{\Delta V}{\Delta x}$, rapportée à l'unité de longueur, donnera, sous l'action du champ magnétique, une force électromotrice transversale due à l'effet Hall. C'est cette force électromotrice qui constitue la force électromotrice thermomagnétique qu'on peut évaluer.

» La formule (3) donne

(4) $$E = \frac{c}{\rho}H\alpha W,$$

où W est la force électromotrice du courant primaire I par unité de longueur; ρ la résistance spécifique de la plaque. En y remplaçant W par $\frac{\Delta V}{\Delta x}$, il vient, pour l'effet thermomagnétique dû à l'effet Thomson,

$$e = \frac{c\sigma}{\rho}H\alpha\frac{\Delta t}{\Delta x}.$$

» En posant

(5) $$K = \frac{c\sigma}{\rho},$$

---

(1) Riecke, *Éclairage électrique*, t. XVIII.

on a

$$e = \mathrm{KH}\alpha \frac{\Delta t}{\Delta x},$$

c'est-à-dire la formule (1), établie expérimentalement par Nernst. En vertu de la formule (5), le signe de K, c'est-à-dire le sens de la force électromotrice thermomagnétique, sera défini par le signe du produit $c\sigma$, c'est-à-dire par le sens de l'effet Hall et de l'effet Thomson.

» Il est difficile de vérifier exactement l'interprétation précédente avec les résultats de Nernst ([1]), car il faudrait connaître les valeurs de σ et de ρ pour les différents corps étudiés, et l'on sait que ρ et surtout σ peuvent varier notablement d'un échantillon à l'autre d'un même corps suivant l'état moléculaire. Cependant, en prenant les nombres des recueils à données numériques, on arrive à une confirmation assez satisfaisante, ainsi que l'indique le Tableau ci-dessous.

» Dans la première et la dernière colonne j'ai réuni les nombres trouvés par Nernst à 20°, pour les coefficients C et K; le signe + indiquant que l'effet correspondant a le sens de l'action électromagnétique du champ sur le courant primaire de l'effet Hall. Dans la deuxième colonne se trouvent les valeurs de σ déduites des observations de Tait, Knott, Battelli, en admettant la loi de Tait sur la proportionnalité de la chaleur spécifique d'électricité à la température absolue. Dans la troisième colonne, les valeurs de résistance ρ, déduites des observations de Dewar, Righi, etc. Dans la quatrième, les valeurs de K calculées par la formule (5).

	$C_{20°}$.	$\sigma_{20°}$.	$\rho_{20°}$.	K calculé.	K observé.
Bismuth........	−10,1	−1875	126582	+0,149	+0,196
Antimoine......	+ 0,192	+2074	44228	+0,0090	+0,0094
Nickel..........	− 0,024	−1482	13802	+0,0026	+0,0073
Cobalt.........	+ 0,0046	−4073	10675	−0,00175	+0,00154
Fer............	+ 0,0113	−1412	10153	−0,00156	−0,00156
Acier...........	+ 0,0175	− 952	26600	−0,00062	−0,00060
Cuivre.........	− 0,00052	+ 275	1686	−0,000084	−0,000073
Zinc...........	− 0,00041	+ 697	6211	−0,000046	−0,000054

» On voit que l'accord est assez satisfaisant, sauf pour le nickel et le cobalt. Pour ce dernier corps, le signe de l'effet déduit de la formule (5) n'est pas celui qui est observé. Pour le nickel, si l'accord des signes existe, l'écart entre les nombres est plus grand que pour les autres corps. De nouvelles recherches pour vérifier exactement la formule (5) étaient donc nécessaires. Pour quelques corps, j'ai déterminé sur le même échantillon les quatre coefficients C, σ, ρ, K. J'indiquerai dans une prochaine Communication les résultats de mes observations. »

([1]) Nernst, *Annal. Wiedemann*, t. XXXI.

PHYSIQUE. — *Sur la décharge des corps électrisés et la formation de l'ozone* (¹).
Note de M. **P. Villard**, présentée par M. J. Violle.

« On admet généralement que le pouvoir d'égaliser les potentiels est une propriété constante des gaz de la flamme. Ce n'est pas toujours exact : si, par exemple, on dirige la flamme d'un petit bec Bunsen sur une toile métallique très serrée formant une cage de Faraday au sol, un conducteur chargé, placé dans cette cage à 4^{cm} de la toile, ne subit qu'une déperdition insignifiante, même si la toile atteint le rouge; la décharge est d'autant plus lente que les mailles sont plus petites, et il est manifeste qu'elle serait nulle si aucune ligne de force n'atteignait la flamme (²).

» Introduisons, au contraire, une flamme isolée dans un champ produit entre deux plateaux métalliques verticaux distants de 30^{cm} environ, reliés à des électroscopes, et portés l'un à un potentiel de 700 à 800 volts, l'autre au potentiel zéro; immédiatement le second se charge aux dépens du premier. Cependant, si l'air est calme, les gaz de la flamme n'atteignent pas les plateaux par diffusion ordinaire. Il importe d'ailleurs peu que la flamme soit près de l'un des plateaux ou au milieu de l'intervalle qui les sépare : l'interposition d'un courant d'air n'empêche pas non plus la décharge de se produire.

» Le phénomène précédent disparaît si l'on entoure la flamme par un cylindre de toile métallique qui laisse passer les gaz mais arrête les lignes de force.

» Une flamme placée dans un champ électrique agit ainsi comme le ferait un faisceau de rayons X coupant les lignes de force; les gaz produits par la combustion sont actifs comme l'air röntgenisé. En l'absence de tout champ électrique la flamme est inactive et les gaz qu'elle donne, transportés dans un champ, ne produisent aucune décharge.

» Pour analyser le phénomène il est préférable d'employer un corps solide incandescent (filament de lampe à incandescence, fil de platine, chauffés par un courant, ou tube de platine contenant un fil de platine isolé parcouru par un courant). On peut ainsi opérer dans le vide. Quand la pression est réduite à $\frac{1}{10}$ ou $\frac{1}{20}$ de millimètre, l'éga-

---

(¹) Travail fait au Laboratoire de Chimie de l'École Normale supérieure.

(²) On ne pourrait cependant pas supprimer la force électromotrice propre de la flamme (4 daniells d'après M. Kollert; *Wied. Ann.*, t. XXI, p. 244).

lisation des potentiels entre un conducteur chargé et le corps incandescent devient presque instantanée, même à la distance de 40^{cm}; au vide de Crookes, la décharge se fait également à grande distance, mais le phénomène est plus simple : un conducteur ne se décharge que s'il est électrisé positivement; l'inverse a lieu pour le corps chaud. C'est la conséquence du fait, observé par Hittorf, qu'une cathode incandescente n'oppose qu'une résistance insignifiante au passage de l'électricité.

» Les phénomènes de déviation magnétique, d'attraction et de répulsion électrostatiques, la charge (négative) d'un cylindre de Faraday placé à l'intérieur d'une anode, comme dans l'expérience de M. J. Perrin ([1]), permettent de s'assurer que la décharge des conducteurs par une source incandescente, dans le vide, est bien due à l'action de rayons cathodiques. J'ai pu ainsi caractériser nettement des rayons correspondant à une chute de potentiel de 10 à 12 volts.

» Si la raréfaction est poussée très loin, la décharge ne se produit plus, au moins si l'on ne dépasse pas quelques centaines de volts : c'est l'analogue de ce qui se passe dans un tube de Crookes.

» Il est permis de supposer que dans l'air ordinaire les corps incandescents peuvent émettre des rayons cathodiques comparables à ceux de M. Lénard, mais de voltage très faible. La décharge des corps électrisés positivement ou négativement résulterait de la production de rayons analogues aux rayons X. On sait d'ailleurs que les rayons de Lénard provoquent la décharge de conducteurs placés à plus de 30^{cm} du lieu de formation des rayons cathodiques. Pour des raisons qui feront l'objet d'une autre Communication, il est tout à fait admissible que la formation des rayons cathodiques ne dépende pas de la pression.

» Si l'on remarque que les rayons de Lénard ozonisent rapidement l'air, l'hypothèse précédente expliquera la formation d'ozone au contact des flammes, des corps incandescents [Elster et Geitel ([2])], des étincelles électriques, et aussi par l'oxydation du phosphore. M. Naccari ([3]) et MM. Elster et Geitel (*loc. cit.*) ont en effet signalé la conductibilité acquise par l'air au contact du phosphore. Celui-ci se comporte comme une flamme (ou une source de rayons X) pourvu qu'il soit phosphorescent.

» La décharge par la lumière ultra-violette se rattache également aux rayons cathodiques. Les expériences de M. Righi ([4]), par exemple, établissent que la convection photo-électrique se fait dans le vide comme celle de la matière radiante, qu'elle est amoindrie si les électrodes sont très rapprochées, facilitée par la présence d'un champ magnétique parallèle à la force. Ce sont là des caractères très nets de l'émission cathodique. En appliquant la méthode de M. J. Perrin, j'ai observé la charge d'un cylindre de Faraday au travers d'un trou fermé par une toile métallique fine, et placé à 20^{cm} de la cathode éclairée. Le voisinage d'un aimant supprimait l'arrivée de ces charges (la vitesse de décharge de la cathode restant la même).

([1]) *Annales de Chimie et de Physique*, 7e série, t. XI, p. 503; 1897.

([2]) *Wied. Ann.*, t. XXXIX, p. 321; 1890.

([3]) *Atti della R. Acc. d. Scienzia di Torino*, t. XXV; 1890.

([4]) *Rendiconti della R. Acc. dei Lincei*, 3 août 1890.

» L'hypothèse cathodique ramène à une cause unique un certain nombre de phénomènes en apparence distincts :

» 1° Les phénomènes de décharge par les flammes, les corps incandescents et le phosphore;

» 2° Les radiations particulières produites par les étincelles électriques (rayons de décharge de M. E. Wiedemann), radiations qui d'après M. Hoffmann (*Wied. Ann.*, t. LX, p. 269; 1897) proviennent surtout de l'extrémité cathodique de l'étincelle;

» 3° La décharge par la lumière ultra-violette;

» 4° La production d'un courant entre le bout positif du filament d'une lampe à incandescence en activité et une électrode soudée dans la lampe (effet Edison);

» 5° La production de l'ozone par les flammes, par les corps incandescents, par l'arc électrique et les étincelles, par l'oxydation du phosphore à froid;

» 6° La production de l'ozone par le radium, observée par M. Demarçay et par M. et Mme Curie (1).

» Les récentes expériences faites simultanément par M. Giesel (2), MM. Meyer et Schweidler (3) et par M. Becquerel (4) établissent en effet que les rayons émis par le radium sont au moins voisins des rayons cathodiques. »

ÉLECTRICITÉ. — *Une méthode de mesure de la vitesse des rayons Röntgen.* Note de M. **Bernard Brunhes**, présentée par M. Mascart.

« Les méthodes classiques de la mesure de la vitesse de la lumière ne sauraient s'appliquer aux rayons X, qui ne se réfléchissent pas. J'ai songé à utiliser, pour cette mesure, la découverte, due à M. Swyngedauw, de l'action des rayons X sur les potentiels explosifs. La décharge d'une bobine d'induction illumine un tube de Crookes, dont les rayons viennent frapper deux excitateurs distincts, chacun en relation avec une machine électrostatique et avec une capacité. On peut tourner chacune des machines, de

---

(1) *Comptes rendus*, t. CXXIX, p. 823; 1899.
(2) *Wied. Ann.*, t. LIX, p. 834; 1899.
(3) *Acad. de Vienne*, 3 et 9 novembre 1899.
(4) *Comptes rendus*, t. CXXIX, p. 996; 1899.

telle sorte qu'une étincelle soit sur le point d'éclater à l'excitateur, au moment où il est frappé par les rayons Röntgen ; les rayons abaissant légèrement le potentiel explosif statique déterminent l'étincelle. Si, en même temps, ils déterminent une étincelle à chacun des deux excitateurs, ces deux étincelles sont simultanées, mais d'une simultanéité qui n'est absolue qu'autant que les deux micromètres sont à égale distance de l'anticathode ; si l'un des deux excitateurs est éloigné du tube, il pourra s'écouler, entre les deux étincelles synchronisées par les rayons X, le temps que mettent ces rayons pour franchir la distance des deux excitateurs. Cette distance ne pouvant dépasser pratiquement 1^m, ce temps sera prodigieusement court. Les belles expériences de MM. Abraham et Lemoine, récemment communiquées à la *Société française de Physique*, sur le phénomène de Kerr, prouvent que des temps aussi courts peuvent être accessibles à l'observation.

» Il suffira de charger le condensateur de Kerr par la décharge secondaire d'un système dont l'une des étincelles est l'étincelle de décharge primaire. L'autre étincelle servira de source de lumière.

» Les deux pôles d'une machine de Töppler à 20 plateaux sont reliés d'une part aux deux bouteilles de Leyde, dont les deux armatures externes, reliées entre elles par une résistance liquide, communiquent aux deux lames du condensateur de Kerr ; elles communiquent en même temps aux deux boules d'un micromètre secondaire S qui ne joue aucun rôle direct dans l'expérience : il sert seulement à décharger le condensateur de Kerr.

» Si l'étincelle primaire P sert elle-même de source de lumière, on obtient le phénomène de Kerr très brillant. J'ai deux lames de zinc de 20^{cm} de longueur, de 4^{cm} de largeur, distantes de 4^{mm} à 5^{mm}, plongées dans du sulfure de carbone. Avant la cuve est un nicol polariseur ; après la cuve, un analyseur biréfringent, suivi d'un nicol : c'est la *méthode photométrique*, employée par MM. Abraham et Lemoine. Suivant les distances explosives (de l'ordre de 1^{cm} à 2^{cm}), j'ai dû, pour obtenir l'égalité des images, donner au second nicol des rotations variant de 15° à 30°.

» Je vérifie que, en éloignant le micromètre primaire de 70^{cm} à 80^{cm}, je diminue d'un peu plus de $\frac{1}{3}$ la rotation. L'influence du temps perdu pour la propagation de la lumière est donc sensible.

» Je fais éclater maintenant au micromètre, placé devant le collimateur qui précède le polariseur, l'étincelle d'une machine de Voss : les deux pôles sont reliés, en outre, aux armatures de deux petites bouteilles de Leyde montées en cascade. C'est cette étincelle E qui servira d'étincelle

éclairante. Le micromètre P est complètement indépendant, et porté sur un support en bois, sur lequel je montre le tube de Crookes.

» Deux aides tournent les deux machines électriques, et les étincelles éclatent en P et en E. En général, il n'y a pas synchronisme. Il peut s'en produire si l'étincelle E se trouve provoquée par la lumière ultra-violette de P. On réalise le cas en faisant tourner beaucoup plus vite la machine de Töppler, de sorte qu'il y ait quatre ou cinq étincelles en P pour une en E. On arrive alors, par tâtonnements, à ce que presque toutes les étincelles en E soient synchrones d'une étincelle en P : on le reconnaît à l'apparition brillante d'une des deux images à l'analyseur.

» *On supprime absolument ce synchronisme en interposant un écran formé de plusieurs doubles de papier noir entre les deux étincelles.*

» Si, alors, on actionne le tube de Crookes par une bobine complètement indépendante des machines, et que les deux aides continuent à tourner les deux machines, de manière à leur faire donner à chacune une étincelle par trois ou quatre illuminations du tube de Crookes, on parvient à retrouver quelques étincelles E synchrones des étincelles P. L'expérience est très pénible. On a très peu d'étincelles synchrones; il arrive même que l'oreille indique synchronisme et que, néanmoins, la lumière ne reparaisse pas. Mais quelquefois, ce qui ne s'est jamais produit en l'absence des rayons X, on a une réapparition brillante de l'image dans le nicol. Cette réapparition suffit à marquer un synchronisme établi à quelques trois cent millionièmes de seconde près, qui ne saurait donc être dû au hasard, et qui ne peut être attribué qu'aux rayons Röntgen. Dans les essais que j'ai faits jusqu'ici, cette réapparition de lumière a été assez rare pour rendre extrêmement malaisée la mesure de l'azimut d'égalité des images.

» Cela posé, on éloigne tout d'une pièce le support qui porte le micromètre P et le tube de Crookes : les fils souples qui servent aux liaisons électriques se trouvent simplement tendus. On peut éloigner le support à près de 1^m, sans que les rayons X cessent d'avoir une action sensible sur l'étincelle E. Les synchronismes sont seulement un peu plus difficiles encore à obtenir que quand le tube de Crookes est tout près du micromètre E.

» *Il semble* que, dans ces conditions, on réduise la différence de phase de Kerr (mesurée par l'azimut qui rétablit l'égalité des images) à peu près dans le même rapport qu'on la réduit par l'éloignement de P, dans le cas où l'étincelle E est *synchronisée* par la lumière ultra-violette de l'étincelle P.

» Si cette conclusion était confirmée par les essais que je poursuis, il en résulterait que les rayons X se propageraient avec une vitesse finie, et de l'ordre de la vitesse de la lumière. »

OPTIQUE. — *Sur la nature de la lumière blanche et des rayons X.* Note de M. E. Carvallo, présentée par M. Lippmann.

« Dans une précédente Note, j'ai démontré que la lumière blanche, décomposable au réseau en spectres continus, n'est certainement pas due à une vibration amortie de la forme $e^{-kt}\sin ht$. Elle n'est pas non plus la somme de termes de même forme, en nombre limité et faible, tel que 10 ou 100. Ma démonstration prouve, en outre, combien peut devenir fausse cette conception que les intensités, dans le spectre, représentent, en quelque mesure, les intensités de la décomposition d'une perturbation déterminée de l'éther en série ou intégrale de Fourier.

» Dès lors, la question suivante se pose : Doit-on persister à regarder la lumière blanche comme produite par une perturbation de forme déterminée? Ne doit-on pas plutôt la considérer comme produite par une infinité ou mieux un nombre extraordinairement grand de vibrations sensiblement sinusoïdales et très diverses? Cela revient au même, dira-t-on : Si vous partez des composantes sinusoïdales, composez-les, vous aurez un mouvement quelconque; si vous partez du mouvement quelconque, décomposez-le, vous aurez les composantes sinusoïdales. Malgré son apparente rigueur, je ne puis admettre ce raisonnement trop simpliste, à cause du nombre immense de discontinuités que présentent les fonctions envisagées dans un intervalle de temps insensible, chaque point incandescent étant, presque à tout instant, le siège d'une perturbation brusquement naissante. Il y a là comme un chaos où semblent devoir échouer toutes les méthodes d'analyse, notamment ici les belles formules de Fourier.

» Ainsi la question posée doit bien être posée. Quelle est la réponse?

» L'effet des réseaux, toujours d'accord avec eux-mêmes et avec les prismes, pour donner à chaque couleur une intensité déterminée et constante pour une lumière donnée, sans que les diverses radiations influent les unes sur les autres par les différences de phase cohérentes qu'impliquent les formules de Fourier, sans qu'il se produise notamment des raies monochromatiques blanches, comme dans le cas d'une vibration amortie étudié dans ma dernière Note, ces faits semblent déceler l'indépendance, l'indi-

vidualité propre de chaque radiation. Pour fixer les idées, considérons les deux composantes D_1 et D_2 du sodium. Si elles proviennent de la décomposition d'un mouvement unique et de forme invariable, elles doivent présenter à la naissance de chaque perturbation la même différence de phase. Dans ce cas, elles produiront des battements par leur interférence. Au contraire, si elles sont dues à deux vibrations qui naissent, d'une façon indépendante, du conflit d'éléments différents, aucun lien régulier n'existera entre les phases des deux composantes. L'effet de ce désordre sera de fournir une intensité uniforme, dénuée de battements.

» Certes l'expérience paraît difficile, les battements étant trop rapides pour la lenteur de notre œil; même avec l'aide d'un miroir tournant, elle paraît impossible pour les raies D_1 et D_2. Mais pour des raies plus voisines, le problème n'est peut-être pas insurmontable.

» Les idées que je viens d'examiner trouvent une application intéressante dans l'interprétation des rayons X et des rayons qui jouissent des mêmes propriétés fondamentales :

» Malgré l'échec de toutes les tentatives faites pour mettre en évidence la périodicité des rayons X, on persiste à vouloir qu'ils présentent un spectre de périodes trop courtes pour nos moyens d'observation. Par contre, il fut un temps où l'on refusait de voir des ondulations dans les phénomènes lumineux où la périodicité appparaissait partout. Jusqu'à preuve du contraire, n'est-il pas raisonnable d'admettre que les rayons X diffèrent de la lumière en ce que la lumière est due à une perturbation périodique, et les rayons X à une perturbation non périodique? Qu'il y ait une infinité de rayons X différents rien de plus naturel, la forme de la perturbation pouvant changer les propriétés de détail du rayon.

» Un fait semble justifier cette hypothèse : Les rayons X se propagent partout et toujours en ligne droite : Pas de réfraction, pas de diffraction. Or, il est démontré [1] que le front d'une perturbation quelconque de l'éther s'avance dans tous les milieux avec la vitesse de la lumière dans le vide et que la perturbation se déforme en se propageant. Il en est ainsi, même des perturbations périodiques; seulement, pour celles-ci, la pério-

---

[1] Poincaré, *Sur la propagation de l'électricité* (*Comptes rendus*, t. CXVII, p. 1027; 1893). — Émile Picard, *Sur l'équation... de la propagation de l'électricité* (*Comptes rendus*, t. CXVIII, p. 16; 1894). — Boussinesq, *Intégration de l'équation du son...* (*Comptes rendus*, t. CXVIII, p. 162 et 223; 1894). — E. Carvallo, *Intégration des équations de la lumière...* (*Comptes rendus*, t. CXIX, p. 1003; 1894).

dicité se rétablit en chaque point au bout d'un certain temps après que le front de l'onde a frappé ce point. De là le ralentissement apparent de la vitesse de propagation, de là la réfraction. Ces phénomènes sont dus à la seule périodicité. Les rayons X ne les présentent pas plus qu'aucun autre phénomène de périodicité. Dès lors, leur nature, c'est-à-dire la forme de la perturbation, doit s'altérer à mesure que ces rayons pénètrent dans les corps. De là les rayons secondaires si variés étudiés notamment par M. Sagnac. »

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Lois numériques des équilibres chimiques* (1). Note de M. **O. Boudouard**, présentée par M. Troost.

« Sainte-Claire Deville avait assimilé les transformations chimiques aux transformations physiques, en faisant tomber la seule barrière qui semblait isoler l'un de l'autre ces deux ordres de phénomènes, en démontrant que la réversibilité dans les réactions chimiques, loin d'être l'exception, était la règle. Non seulement il avait démontré l'existence des faits, mais il avait cherché à mesurer le degré de décomposition, de dissociation, c'est-à-dire les rapports entre les termes du système en équilibre. Sans pouvoir arriver à une solution complète de cette question, il avait obtenu des conclusions approchées; et, en s'adressant à d'autres phénomènes, certains de ses élèves, Debray, Isambert, MM. Troost, Hautefeuille, Ditte, Lemoine, sont parvenus à formuler et établir des lois partielles importantes, et à poursuivre dans leurs détails un grand nombre de réactions limitées, comme l'avaient déjà fait M. Berthelot et Péan de Saint-Gilles pour l'éthérification.

» Au point de vue de la grandeur de la réaction, on remarque que, d'une façon générale, il doit exister une relation entre les différents facteurs de l'équilibre (température, force électromotrice, pression; état physique, nature chimique, condensation ou concentration). Cette relation est telle que chacun des facteurs est fonction et fonction continue des autres; elle est exactement connue en ce qui concerne les changements corrélatifs de pression et de température (*formule de Clapeyron*). Il existe de plus, à pression et température constantes, une certaine relation dans un mélange gazeux en équilibre entre les proportions des différents corps

(1) Travail fait au Collège de France, laboratoire de M. H. Le Chatelier.

en présence (*expériences d'Isambert sur le sulfhydrate d'ammoniaque*).

» Appelant L la chaleur de réaction sous pression constante, T la température absolue, P la pression totale du mélange, $cc' \ldots c_1 c'_1 \ldots$ les concentrations de chacun des corps entrant en réaction, $nn' \ldots n_1 n'_1 \ldots$ les nombres des molécules de chacun des corps entrant en réaction, N la somme algébrique $n + n' \ldots - n_1 - n'_1$ .., on arrive à l'expression

$$500 \int L \frac{dT}{T^2} + N \operatorname{Log}_e P + \operatorname{Log}_e \frac{c^n c'^{n'} \ldots}{c_1^{n_1} c_1'^{n'_1} \ldots} = \text{const.}$$ (¹).

» Une seule mesure des éléments figurant dans cette formule permettra de déterminer la valeur de la constante.

» Cette formule, proposée par M. Le Chatelier, est d'ailleurs équivalente à celles données par Gibbs et Van't Hoff; elle donne la loi générale approchée de l'équilibre des systèmes gazeux à toute température.

» En cherchant précédemment la décomposition de l'oxyde de carbone et celle de l'acide carbonique en présence du charbon (²), j'ai fait remarquer que, aux températures de 650° et 800°, la limite de décomposition à laquelle on arrivait était la même. Il était intéressant de voir si les nombres trouvés expérimentalement vérifiaient la formule proposée.

» L'équation de réaction est

$$CO^2 + C \rightleftarrows 2CO;$$

désignons par n, n', n_1 les nombres de molécules correspondant à CO^2, C et CO; c, c', c_1 les concentrations de CO^2, C et CO; on a

$$n = 1, \qquad n' = 0, \qquad n_1 = 2;$$
$$N = 1.$$

» En supposant L toujours constant et égal à -42^{Cal}, et remarquant que $P = 1$, il vient

$$-\frac{21000}{T} + \operatorname{Log}_e \frac{c}{c_1^2} = \text{const.}$$

(¹) Le coefficient 500 est égal à $\frac{1}{AR}$, A étant l'inverse de l'équivalent mécanique de la chaleur et R la constante des gaz calculée en prenant comme unités le mètre et le kilogramme.

(²) *Comptes rendus*, t. CXXVIII, p. 822, 824, 1522, 1524.

» Calculons cette constante aux différentes températures de 650°, 800° et 925°.

A 650°...	T = 923,	$c = 0,61$,	$c_1 = 0,39$	et	constante = − 21,4
A 800°...	T = 1073,	$c = 0,07$,	$c_1 = 0,93$	et	constante = − 22,2
A 925°...	T = 1198,	$c = 0,04$,	$c_1 = 0,96$	et	constante = − 20,6

» La concordance des nombres trouvés est satisfaisante, et la connaissance de cette constante (−21,4, moyenne des trois nombres) permettra de déterminer à une température donnée les proportions d'acide carbonique et d'oxyde de carbone pouvant exister simultanément dans un mélange gazeux résultant de l'action de l'acide carbonique sur le charbon. Le tableau suivant donne les résultats correspondant à des températures comprises entre 450° et 1050° :

Températures.	$c(CO^2)$.	$c_1(CO)$.
450° (calculé)........	0,98	0,02
500 »	0,95	0,05
550 »	0,89	0,11
600 »	0,77	0,23
{ 650 »	0,61	0,39
{ 650 (trouvé)........	0,61	0,39
700 (calculé)........	0,42	0,58
750 »	0,24	0,76
{ 800 »	0,10	0,90
{ 800 (trouvé)........	0,07	0,93
850 (calculé)........	0,06	0,94
900 »	0,035	0,965
{ 925 »	0,03	0,97
{ 925 (trouvé)........	0,04	0,96
950 (calculé)........	0,015	0,985
1000 »	0,007	0,993
1050 »	0,004	0,996

ÉLECTROCHIMIE. — *Sur l'électrolyse du chlorure de potassium* (¹).
Note de M. **A. Brochet**, présentée par M. Moissan.

« Diverses théories ont été proposées par Œttel, Wohlwill, Haber, etc., au sujet de la formation des hypochlorites et chlorates dans l'électrolyse

(¹) École de Physique et Chimie industrielles. Laboratoire d'Électrochimie.

des chlorures alcalins et alcalino-terreux. Œttel admet (¹) que le chlorate prend naissance par deux processus différents : 1° par formation primaire résultant de l'action du chlore de l'anode sur l'alcali se trouvant dans le voisinage, lequel est remplacé par celui obtenu à la cathode; 2° par formation secondaire, par suite de la transformation de l'hypochlorite en chlorate. Il est à remarquer que Lunge avait donné une théorie analogue au sujet de la fabrication du chlorate par voie chimique.

» En cherchant à déterminer la quantité de chlorate formé respectivement dans ces deux réactions, j'ai été conduit à faire toute une série de recherches sur lesquelles je reviendrai ultérieurement, et j'ai notamment suivi pas à pas, par le dosage, la formation de l'hypochlorite et du chlorate au début de l'opération. J'ai pu faire ainsi un certain nombre de remarques assez curieuses.

» Une étude de ce genre avait été faite récemment par M. Fœrster (²) et je me suis aperçu seulement ces jours-ci de ce travail. Fœrster étudie le cas absolument général de l'électrolyse d'une solution de chlorure de sodium, aussi a-t-il une réduction considérable de l'hypochlorite formé, de sorte que l'oxydation réelle du chlorure représente seulement 35 pour 100 de la théorie. Dans la série des recherches que je signale aujourd'hui j'avais supprimé cette réduction au moyen de l'intéressant procédé indiqué par Muller (³) et consistant à ajouter à la solution une faible dose de bichromate de potassium dont l'action est encore inconnue. Parmi ces recherches, je choisirai la suivante dont les résultats sont indiqués sous forme de courbes sur le diagramme ci-contre :

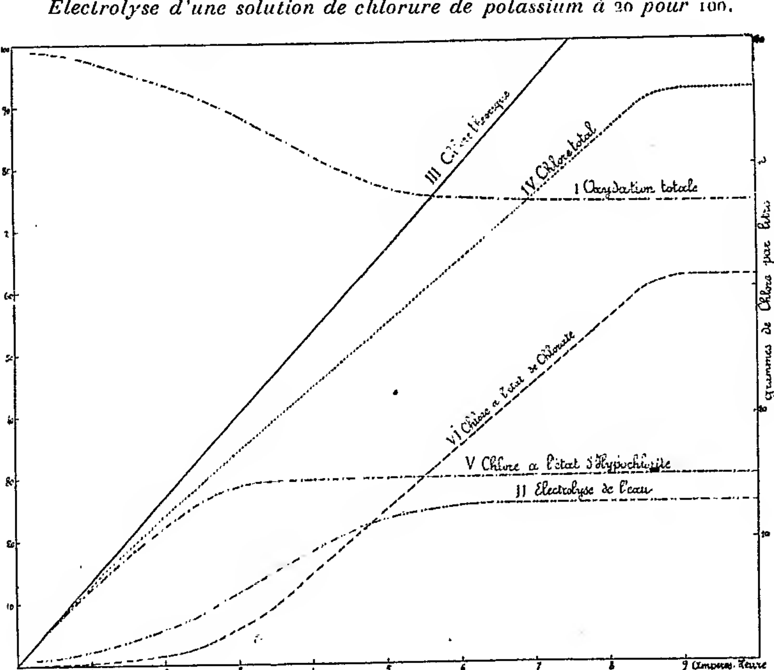
» La solution renfermait, pour 100^{cc}, 20^{gr} de chlorure de potassium, 0^{gr},1 de bichromate et 0^{gr},2 de potasse caustique, ce qui correspondait à une alcalinité de 0^{gr},16. L'électrolyseur, formé par un bocal de 200^{cc}, était refroidi par un courant d'eau. Un bouchon de caoutchouc percé de deux trous fermait l'appareil; par l'un de ces trous passait un tube permettant de faire les prises d'essai et de placer un thermomètre; par un tube placé dans l'autre on recueillait les gaz sur la cuve à eau, en même temps que ceux d'un voltamètre à gaz tonnant.

» Les électrodes de platine iridié étaient de même surface : 44^{cq}, et l'intensité du courant était maintenue tout le temps à 2 ampères, ce qui donnait une densité de courant de 0,045 ampère par centimètre carré. La différence de potentiel aux bornes qui était de 3^{volts},4 au début s'est élevée rapidement à 3^{volts},7, puis lentement à 3^{volts},85. La température a varié de 16° à 20°.

(¹) *Zeitschrift für Elektrochemie*, t. I, p. 854.
(²) *Ibid.*, t. VI, p. 11.
(³) *Zeitschrift für Elektrochemie*, t. V, p. 469.

» La méthode d'Œttel que j'employais pour étudier les rendements se trouvait notablement simplifiée par suite de l'absence de réduction. La partie du courant employée à l'électrolyse de l'eau était indiquée d'après le volume d'oxygène de l'électrolyseur (courbe I) et l'oxydation totale d'après la différence entre ce chiffre d'oxygène et celui du voltamètre (courbe II), ces valeurs étant naturellement ramenées à 100. De temps en temps je faisais deux prises du liquide dont l'une servait à doser le pouvoir oxydant total (sulfate ferreux et permanganate) (courbe IV) et l'autre servait à doser l'hypochlorite (méthode de Penot) (courbe V). Pour régulariser, ces chiffres sont ramenés à la quantité de chlore correspondante par litre. La différence entre ces valeurs donnait le chlorate formé (courbe VI). Ce dernier sel commence à se déposer lorsque la solution en renferme 11gr par litre.

Électrolyse d'une solution de chlorure de potassium à 20 pour 100.



» L'inspection de ces courbes montre que, dès le début, le rendement, qui était de 98 pour 100, se maintient, pendant une heure et demie, au-dessus de 90 pour 100, en même temps que la teneur de la solution en hypochlorite devient constante. Le chiffre de 13gr,7 de chlore par litre indiqué par Œttel n'est pas absolu, je suis arrivé jusqu'à 23gr,5. La proportion de chlorate en solution croît très lentement jusqu'à ce qu'il n'y ait plus formation d'hypochlorite. Elle devient alors proportionnelle au rendement. Quant à l'électrolyse de l'eau, très faible au début, elle augmente peu à peu jusqu'à atteindre une valeur constante.

» Si l'on opère dans les mêmes conditions sans addition d'alcali, le rendement est encore plus élevé, en même temps que l'hypochlorite en solution tend vers une valeur

plus grande. Si, au contraire, on ajoute de l'alcali, le rendement décroît rapidement, ainsi que la quantité d'hypochlorite en solution. Celle-ci arrive même à être complètement nulle.

» On voit donc d'après cela combien est faux le préjugé qui veut que le chlorate ne soit obtenu qu'en solution chaude et très alcaline, étant donné que, en présence de chromate de potassium, il est vrai, à la température de 20°, en liqueur à peine alcaline ou même neutre, on peut obtenir du chlorate avec un rendement de plus de 70 pour cent. Sans chromate, comme l'a indiqué Fœrster, on ne dépasse pas 35 pour 100, mais il ne faut pas oublier que dans ces conditions la moitié de la quantité d'électricité fournie à l'électrolyseur est employée à réduire l'hypochlorite. »

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur un nouveau sulfure de molybdène cristallisé.* Note de M. **Marcel Guichard**, présentée par M. Henri Moissan.

« Les préparations que nous avons décrites pour obtenir le bisulfure de molybdène nous ont permis de reprendre l'étude de l'action de la chaleur sur ce composé. Les expériences ont porté soit sur le bisulfure cristallisé, soit sur le bisulfure amorphe. Les poids de matière employée ont varié de 50^{gr} à 60^{gr}.

» Au four à vent, alimenté par du charbon de cornue, le bisulfure de molybdène amorphe, fortement chauffé dans un creuset de porcelaine entouré d'une double brasque de charbon, devient brillant et cristallin, mais ne présente pas trace de fusion; de plus, le creuset de porcelaine est fortement attaqué et le sulfure se trouve mélangé d'une assez grande quantité d'impuretés.

» Pour effectuer aisément un grand nombre d'expériences à des températures plus élevées que celle que donne le four à vent, nous avons employé le four électrique de Moissan.

» La plupart de nos essais ont été faits à l'aide d'un four à tube chauffé par un arc de 900 ampères et 50 volts, les temps de chauffe variant de deux à quatre minutes.

» Pour quelques essais, afin d'éviter le contact du charbon, le sulfure a été placé dans la cavité d'un petit four électrique et chauffé de trente à quarante minutes par un arc de 45 ampères et de 50 volts.

» Lorsque le bisulfure de molybdène a été chauffé jusqu'à fusion, il a perdu une partie de son soufre et l'on obtient des masses à cassures gris métallique, ne rayant

pas le verre et se polissant facilement à la lime, formées par l'enchevêtrement d'un grand nombre d'aiguilles cristallines; on trouve souvent à l'intérieur des cavités tapissées d'aiguilles facilement détachables.

» La teneur en soufre de ces masses cristallines est très variable, comme l'indiquent les analyses suivantes [1] :

	I.	II.	III.	IV.
Soufre pour 100	29,3	20,24	17,84	22,5

» Ces variations tiennent à ce que le sous-sulfure formé est dissociable à une température peu supérieure à la température à laquelle il prend naissance par dissociation du bisulfure lui-même. Les masses fondues obtenues doivent être considérées comme formées par les aiguilles de sous-sulfure unies par du molybdène métallique.

» Pour isoler le sous-sulfure, il suffit de traiter un culot bien cristallin par l'eau régale étendue et froide qui dissout le molybdène non combiné, les aiguilles devenues libres se détachent et on les lave et sèche à 110°.

» Ces aiguilles, qui ont souvent plusieurs millimètres de long, sont gris d'acier, un peu plus dures que la molybdénite; leur densité à 15° est 5,9. Elles sont constituées par un sesquisulfure de molybdène Mo^2S^3, comme le démontrent les analyses effectuées sur des échantillons provenant de préparations différentes :

	I.		II.	III.	Calculé pour Mo^2S^3.
Molybdène pour 100	66,85	66,33	66,58	66,44	66,66
Soufre pour 100	32,63	»	32,92	»	33,33

» Le fluor attaque le sesquisulfure de molybdène légèrement chauffé avec incandescence.

» Le chlore le transforme avant le rouge en pentachlorure de molybdène et chlorure de soufre.

» Le brome l'attaque également, mais à température plus élevée. L'iode ne donne aucune action au point de fusion du verre.

» L'oxygène produit au-dessous du rouge une vive incandescence, la chaleur dégagée suffit pour faire fondre l'acide molybdique formé. A l'air, le sesquisulfure, porté au rouge sur une lame de platine, se recouvre de bioxyde brun violet qui se transforme ensuite en acide molybdique volatil; finalement, il ne reste aucun résidu. Les oxydants énergiques, tels que le chlorate de potasse, l'azotate de potasse, le bioxyde de plomb, réagissent sur le sesquisulfure avec un vif dégagement de chaleur et production de lumière.

» Le soufre en vapeur, entraîné par un courant d'acide carbonique sur le sesquisulfure porté au rouge, le transforme en bisulfure gris bleu sans changement de forme

---

[1] Ces analyses ont été effectuées par la méthode générale que nous avons décrite dans notre précédente Note (*Comptes rendus*, t. CXXIX, p. 1239).

cristalline. Une expérience quantitative nous a donné une augmentation de poids de 10,88 pour 100 du poids de sesquisulfure employé; théoriquement, le sesquisulfure doit absorber 11,11 pour 100 de son poids de soufre pour se transformer en bisulfure. La transformation est donc totale. C'est la réaction inverse de celle qui a donné naissance au sesquisulfure par dissociation du bisulfure.

» Le phosphore ne déplace pas le soufre du sesquisulfure au rouge.

» L'eau agit seulement à l'état de vapeur surchauffée; au rouge il y a formation lente d'hydrogène sulfuré.

» L'acide chlorhydrique gazeux ou dissous ne produit aucune attaque de ce sulfure.

» L'acide sulfurique n'a de même aucune action.

» L'acide azotique concentré produit une vive attaque à chaud avec formation d'acides molybdique et sulfurique.

» L'eau régale concentrée agit de même. L'eau régale étendue et l'acide azotique étendu n'ont pas d'action à froid.

» La potasse fondue l'attaque peu à peu.

» L'hydrogène sec réduit lentement au rouge vif le sesquisulfure de molybdène avec formation d'hydrogène sulfuré et de métal qui conserve la forme du sulfure. A cette température, le sesquisulfure se réduit un peu plus lentement que le bisulfure.

» Si le sesquisulfure est maintenu quelque temps à la haute température de l'arc électrique, il se dissocie entièrement en donnant du molybdène fondu. Au contact du charbon, ce métal forme un carbure défini Mo^2C décrit par M. Moissan ([1]). De sorte que, si le bisulfure lui-même est maintenu assez longtemps à très haute température, il donne directement du molybdène carburé sans que l'action s'arrête au sesquisulfure.

» *En résumé*, nous avons obtenu, par l'action d'une température très élevée sur le bisulfure de molybdène, un sesquisulfure cristallisé. Ce nouveau sulfure peut, dans la vapeur de soufre, au rouge, redonner le bisulfure. On sait que le bisulfure peut être obtenu, d'autre part, par l'action d'une température inférieure au rouge sur le trisulfure. Le bisulfure est donc le sulfure stable au voisinage du rouge.

» Le sesquisulfure se dissocie lui-même à une température voisine de celle où il se forme et donne du molybdène métallique. Il n'y a donc pas de sulfure de molybdène stable à très haute température.

» On voit donc que, si l'on part du trisulfure MoS^3, on peut obtenir par des dissociations successives à des températures de plus en plus élevées, d'abord le bisulfure MoS^2, puis le sesquisulfure Mo^2S^3, enfin le métal désulfuré.

([1]) H. Moissan, *Préparation et propriétés du molybdène pur fondu* (*Comptes rendus*, t. CXX, p. 1320).

» Le sesquisulfure correspond au sesquioxyde qui est la combinaison la moins oxygénée du molybdène. »

CHIMIE. — *A propos de l'action du magnésium sur les solutions salines.* Note de M. **Henri Mouraour.**

« Dans une Note communiquée à l'Académie le 31 juillet 1899 (t. CXXIX, p. 291), M. Georges Lemoine examine l'action du magnésium sur ses solutions salines. Qu'il me soit permis à ce propos de faire les quelques remarques suivantes :

» Ce n'est pas seulement avec les solutions de ses sels que le magnésium donne une réaction plus vive qu'avec l'eau, mais avec les solutions de sels les plus divers et, spécialement, avec les sels ammoniacaux. J'ai fait à ce sujet quelques expériences dont voici le résumé :

Action du magnésium en poudre et à froid sur les sels suivants :

Carbonate d'ammonium	Dégagement très fort de H
Chlorure »	»
Oxalate »	»
Sulfure »	»
Fluorure »	Rien ; pas de dégagement
Carbonate de sodium.............	Dégagement très fort de H
Phosphate »	» très faible
Acétate »	» assez fort
Borax..........................	Fort dégagement
Sel de Seignette	Faible dégagement
Azotite de sodium................	Dégagement très lent
Thiosulfate de sodium............	» très lent
Ferrocyanure de potassium........	» très faible
Chlorure de potassium	» très faible
$BaCl^2$	Très faible dégagement
$CaCl^2$	Très faible dégagement
S^2Cl^2..........................	Faible dégagement
Alun ordinaire..................	Fort dégagement
Alun de chrome	Fort dégagement

» Il est évidemment difficile d'expliquer la décomposition plus facile de l'eau dans le cas de la présence de sels étrangers (qui n'entrent pas en réaction), car l'explication donnée par M. Georges Lemoine, si elle est

bonne dans le cas considéré (chlorure de magnésium), est inacceptable dans la plupart des cas cités plus haut.

» Il est probable que les solutions salines (principalement les sels ammoniacaux) agissent en dissolvant la magnésie qui, se formant à la surface du magnésium, tend à arrêter la réaction.

» A côté des réactions précédentes, on peut placer l'action du magnésium sur les solutions des sels d'étain, de plomb, de cuivre, de mercure, de cobalt, etc., action qui donne, en même temps qu'un précipité du métal en solution, un *fort dégagement d'hydrogène* provenant évidemment de l'action secondaire du magnésium sur l'eau de la solution. Il est, dans ce cas, assez difficile donner une explication du phénomène, car il est peu probable que les sels de Pb ou de Sn favorisent la solubilité de la magnésie. »

PHYSIOLOGIE ANIMALE. — *Automatisme des cellules nerveuses* (¹). Note de M. **Pompilian**, présentée par M. Marey.

« L'activité des cellules nerveuses est-elle *automatique* ou *réflexe?* Tel est le problème qui se trouve à la base de la Physiologie des éléments nerveux.

» Il ne suffit pas d'observer des mouvements automatiques pour conclure à l'automatisme des éléments nerveux, car on peut se demander si l'automatisme est la propriété des éléments nerveux ou celle des éléments musculaires. C'est ainsi que le problème s'est trouvé posé pour les mouvements automatiques des organes viscéraux et particulièrement du cœur. Il n'a pas été résolu parce qu'il est difficile, sinon impossible, de procéder à la dissociation fonctionnelle des éléments nerveux et musculaires dans des organes où ils sont intimement mélangés. S'il existait des organes pouvant facilement être isolés des éléments nerveux, et présentant des mouvements automatiques analogues à ceux du cœur, le problème trouverait une solution.

» En effet, si ces mouvements persistent tant que la parcelle de substance nerveuse qui est en relation avec les organes moteurs est intacte et disparaissent dès que cette substance est détruite, on est autorisé à conclure que les mouvements étaient provoqués par l'activité automatique

---

(¹) Travail du laboratoire de Physiologie de la Faculté de Médecine de Paris.

des éléments nerveux. De tels organes existent. Les pattes des Insectes nous offrent un exemple remarquable; elles présentent, après l'ablation du segment céphalique de l'Insecte, des mouvements automatiques rythmiques analogues à ceux du cœur, pendant un temps très prolongé (plus de vingt-quatre heures). Ces mouvements disparaissent quand on détruit les ganglions nerveux avec lesquels les pattes sont en relation.

» Nous avons étudié les mouvements automatiques du *Dytiscus Marginalis*. Voici, brièvement, les résultats de nos observations :

» Quelque temps après l'ablation du segment céphalique, temps pouvant varier de quelques minutes à une heure, on voit apparaître des mouvements automatiques et rythmiques des pattes. Ces mouvements ne sont pas synchrones. Les mouvements des deux premières paires de pattes sont plus fréquents que ceux de la troisième paire. Pour une même paire de pattes, les mouvements de la patte d'un côté peuvent être plus fréquents que ceux de la patte de l'autre côté. Les divers segments d'une patte sont animés de mouvements de fréquences diverses. Les extrémités des pattes présentent des mouvements plus rapides (en moyenne 60 mouvements par minute) que ceux de la totalité du membre (8 à 32 par minute). L'intensité des mouvements est variable, de temps en temps, ils deviennent très forts; l'insecte décapité semble pris d'une sorte d'attaque convulsive qui dure quelques secondes (de dix à vingt secondes). Dans quelques-unes de nos observations ces convulsions avaient lieu toutes les sept minutes avec une certaine régularité. En été, les Dytisques présentent des mouvements plus fréquents et plus rapides qu'au printemps.

» Si l'on divise un Dytisque en quatre fragments, la tête d'une part, d'autre part les trois segments thoraciques chacun avec la paire de pattes correspondantes, on voit que toutes les pattes présentent pendant des heures des mouvements automatiques. Les antennes et les pièces buccales du segment céphalique présentent aussi des mouvements rythmiques d'intensité et de fréquence variables; les mouvements des antennes sont très rapides (on ne peut pas les compter), ceux des pièces buccales le sont moins.

» Nous avons recueilli de nombreux tracés des mouvements d'une patte de Dytisque en l'attachant à un levier inscripteur fait avec un fétu de paille. Nous en donnons quelques spécimens.

» Tous les Dytisques ne se ressemblent pas. Il y en a qui présentent des mouvements rythmiques de la totalité des pattes avec une régularité remarquable, comme on peut le voir sur la *fig.* 1 qui représente les mouvements d'une patte de la première paire trente-cinq minutes après l'ablation du segment céphalique. D'autres Dytisques ne présentent pas de grands mouvements, mais seulement de petits mouvements des extrémités de leurs pattes, comme on peut le voir sur la *fig.* 2; ce tracé a été recueilli une heure trente-trois minutes après l'ablation du segment céphalique.

» Enfin, il y a des Dytisques qui présentent des mouvements très grands et très forts d'une façon intermittente; après plusieurs minutes de repos, on observe de grands mouvements qui durent une minute environ. La *fig.* 3 représente le tracé des mouvements d'une patte de la première paire deux heures trente minutes après l'ablation du segment céphalique; les deux lignes d'en bas représentent la période de repos;

la troisième, la période des mouvements; la quatrième, la période de repos qui suit. Les *fig.* 4 et 5 représentent les mouvements d'une patte de la deuxième paire. Le tracé

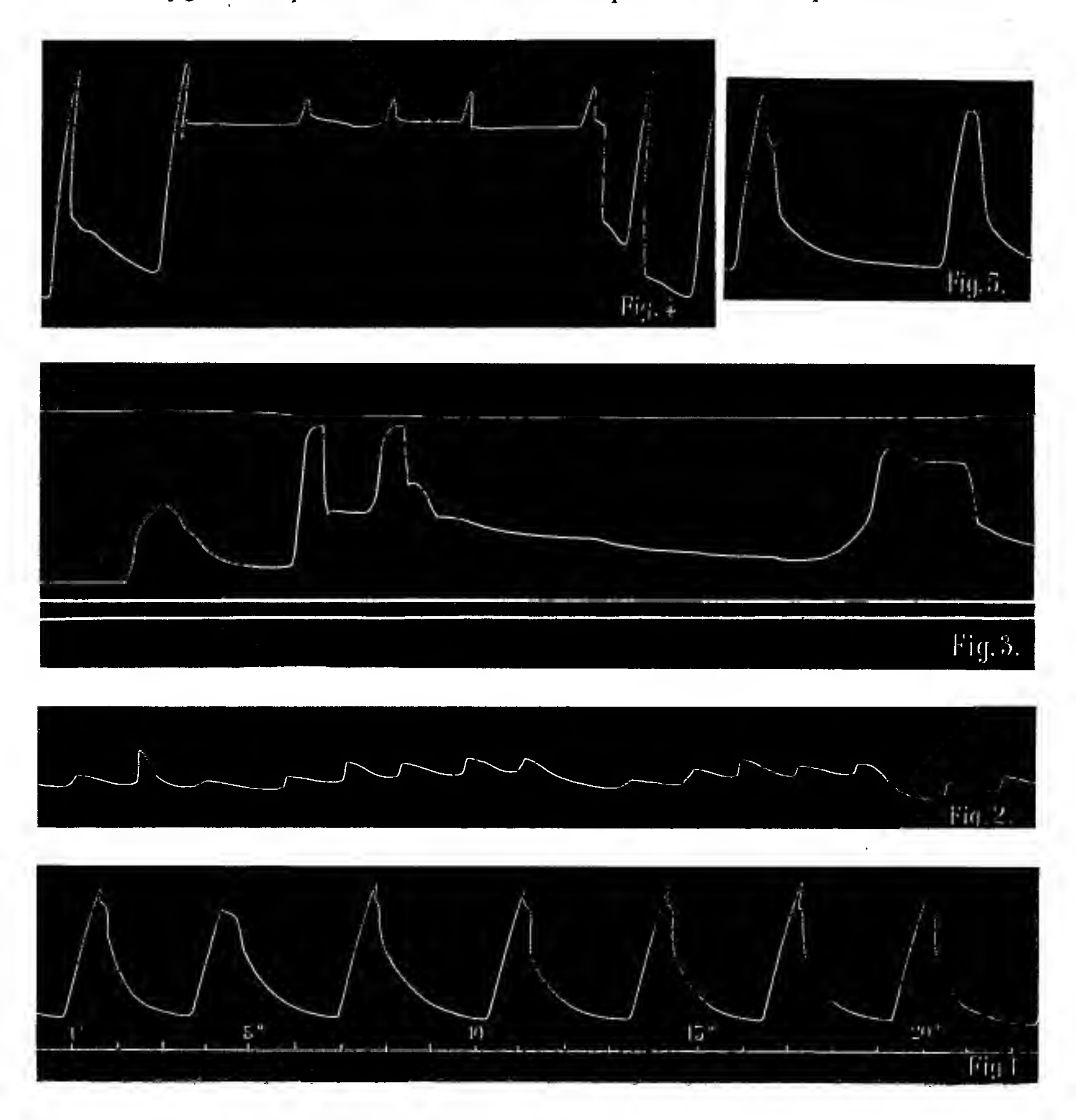


Fig. 4. Fig. 5. Fig. 3. Fig. 2. Fig. 1.

de la *fig.* 4 a été recueilli deux heures vingt minutes après l'ablation du segment céphalique; il montre comment aux grands mouvements rythmiques suit une grande

contraction tonique de toute la patte; pendant la durée de celle-ci, l'extrémité seule est animée de mouvements. Le tracé de la *fig.* 5 a été recueillie vingt-quatre heures après l'ablation du segment céphalique.

» Les Insectes ne sont pas les seuls êtres qui présentent des mouvements automatiques des organes de la vie de relation. L'écrevisse, les vers et le triton présentent aussi de ces mouvements.

» Les conditions nécessaires à l'apparition des mouvements automatiques nous semblent être les suivantes : 1° des organes légers; 2° des centres nerveux suffisamment nourris. Ces conditions se trouvent réunies chez les Insectes, c'est pourquoi chez eux les mouvements automatiques s'observent avec une très grande netteté. De plus, les Insectes possèdent une très grande quantité de substance nerveuse par rapport au poids de leurs membres.

» De l'ensemble de nos recherches nous croyons pouvoir tirer les conclusions suivantes, généralisées à l'activité des cellules nerveuses de tous les animaux :

» 1° Les cellules nerveuses, du fait même qu'elles vivent et qu'elles se nourrissent, dégagent constamment de l'énergie nerveuse, sans qu'il soit nécessaire pour cela qu'une excitation du dehors vienne ébranler leur équilibre chimique. *L'activité nerveuse est donc automatique.*

» 2° L'activité nerveuse automatique varie d'intensité d'un moment à l'autre.

» 3° Les centres nerveux supérieurs exercent normalement une influence inhibitrice sur les centres inférieurs; l'activité de ces derniers centres se manifestent nettement après la destruction des premiers.

» 4° Il nous semble que, en Pathologie, des faits comme les tremblements et les convulsions pourraient être expliqués, d'une part, par une diminution du pouvoir inhibiteur exercé par les centres supérieurs cérébraux sur les centres inférieurs médullaires, d'autre part, par une augmentation de l'activité de ces derniers centres. »

MINÉRALOGIE. — *Sur une catégorie de groupements cristallins échappant aux investigations optiques.* Note de M. **Fred. Wallerant**, présentée par M. Fouqué.

« En général, dans un groupement cristallin, les différents cristaux se distinguent facilement, leurs ellipsoïdes d'élasticité optique ayant des

orientations différentes. Il peut cependant en être autrement : si, en effet, les cristaux sont orientés symétriquement par rapport aux éléments de symétrie de cet ellipsoïde, ils auront tous la même orientation optique et l'examen en lumière polarisée sera impuissant à les distinguer.

» Supposons que quatre cristaux d'une substance triclinique se groupent symétriquement par rapport au plan de symétrie de leur ellipsoïde d'élasticité optique, toutes les parties de ce groupement seront, au point de vue optique, orientées de la même façon ; si donc la forme cristalline ne présente pas d'angle rentrant, le groupement aura tous les caractères d'un cristal orthorhombique.

» Ainsi, par exemple, la Cumengéite cristallise en octaèdre quadratique. Elle est légèrement biaxe, les plans de symétrie de l'ellipsoïde d'élasticité optique étant les plans p, h^1 et h^1. Or l'attaque de cet octaèdre par l'acide azotique montre, de la façon la plus nette, qu'il est en réalité formé de huit pyramides ayant les faces pour bases, et que les quatre cristaux, comprenant chacun deux pyramides, sont symétriques par rapport aux mêmes plans p, h^1 et h^1 : le groupement doit donc paraître homogène au point de vue optique.

» Un autre exemple intéressant est celui de la Chiastolithe. Cette substance se distingue de l'Andalousite orthorhombique par l'accumulation de particules charbonneuses dans les plans de clivages et dans les plans h^1 et g^1. Il était tout naturel de considérer ces plans comme des plans de macles, mais tous les auteurs qui se sont occupés de la question ont rejeté cette explication, en s'appuyant sur ce que les cristaux possédaient en tous les points la même orientation optique. Or cette raison est sans valeur puisque les plans h^1 et g^1 sont les plans de symétrie de l'ellipsoïde. Et, en effet, j'ai eu l'occasion de constater, à plusieurs reprises, dans l'Andalousite du Brésil et dans la Chiastolithe que les quatre secteurs, séparés par les plans h^1 et g^1, ne s'éteignaient pas simultanément : l'angle des directions d'extinction, fort variable d'ailleurs, ne dépassant pas deux degrés. Cette variation dans l'orientation optique provient simplement de ce que les cristaux, gênés par une cause quelconque dans leur développement, ont pris une orientation légèrement différente de celle qu'ils devaient prendre normalement.

» Il est facile de comprendre que les groupements particuliers, dont je viens de démontrer l'existence, doivent se produire assez fréquemment. En général, les éléments de symétrie de l'ellipsoïde d'élasticité optique coïncident, autant que cela est possible, avec les éléments de symétrie de

la particule complexe. Mais si ceux-ci font défaut, les premiers coïncideront fréquemment avec les éléments de symétrie limite, qui sont, comme je l'ai déjà démontré, les éléments de symétrie des groupements. »

GÉOLOGIE. — *Sur la dénudation du plateau central de Haye ou Forêt de Haye (Meurthe-et-Moselle).* Note de M. **Bleicher**, présentée par M. Albert Gaudry.

« Sous le nom de *pays de Haye*, on comprend en Géographie physique une partie de la bande calcaire oolithique couverte généralement de grandes forêts (côtes de Moselle) (¹), qui borde la lisière orientale du bassin de Paris dans la région de Nancy et au sud comme au nord de cette ville (²).

» Cette expression géographique forcément flottante reçoit sa vraie signification dans la partie de la bande, bien limitée sur deux de ses côtés par la Moselle, sur le troisième par une portion du cours de la Meurthe, que l'on connaît sous le nom de *plateau central de Haye* ou encore de *Forêt de Haye*. Ce massif, *cœur du pays de Haye*, suivant l'expression de l'auteur du *Plateau lorrain* (³), est devenu, grâce à son voisinage de Nancy, l'objectif de nos études depuis une vingtaine d'années; les travaux nombreux de carrières, de mines, de fortifications, d'amenée des eaux, effectués pendant cet intervalle de temps, à sa surface et dans son épaisseur, nous ont révélé, sur sa structure primitive, sur les modifications éprouvées par sa surface et ses flancs, les faits intéressants et nouveaux qui se trouvent résumés dans cette Note.

» Le plateau central de Haye, au point de vue géologique, se compose d'un soubassement marneux et ferrugineux appartenant au *Toarcien*, surmonté d'un puissant massif de calcaire oolithique.

» Suivant le prolongement général vers l'ouest des formations géologiques de la bordure orientale du bassin de Paris, l'étage *bajocien*, constituant ce massif oolithique, est remplacé vers l'ouest par l'étage *bathonien*, plus marneux, qui occupe la partie déprimée du plateau dirigée vers la région de Toul.

(¹) Commandant Barré, *La Géographie militaire et les nouvelles méthodes* (*Revue du Génie militaire*, juin 1899, p. 504).

(²) Auerbach, *Le Plateau lorrain*, p. 165.

(³) *Ibid.*, p. 167.

» Sur sa surface accidentée et coupée de profonds ravins qui pénètrent jusqu'au centre du massif, on constate par places : une couverture superficielle de *terre rouge*, des amas de débris calcaires plus ou moins menus, connus sous le nom de *grouine*, des traînées et des placages de cailloux vosgiens, souvent plus gros que le poing (P, de la Carte géologique au $\frac{1}{80000}$, 1887, feuille de Commercy); sur ses flancs, des lambeaux allongés, *a'*, d'alluvion des terrasses, d'origine vosgienne.

» Une seule faille, pénétrant suivant une direction à peu près NNE jusqu'à une certaine distance dans son épaisseur, se trouve indiquée sur cette Carte, mais elle ne se signale extérieurement par aucun accident topographique. Par contre, les fissures y sont extrêmement nombreuses; Braconnier (1) admet qu'elles sont espacées au plus de 6^m à 10^m, sur les coteaux des environs de Nancy, et qu'elles pénètrent à travers les calcaires de l'oolithe inférieure jusqu'aux marnes sableuses du Toarcien.

» La présence de puissants dépôts et remplissages de cailloux, plus rarement de sables d'origine vosgienne à des hauteurs de plus de 150^m au-dessus des thalwegs de la Meurthe et de la Moselle a, de tout temps, frappé les géologues; ils contiennent une faune pléistocène : Éléphant qui, en raison de l'écartement des lames dentaires de ses molaires, de l'épaisseur de leur émail et de leur mode d'usure, nous a paru plus voisin d'*Elephas antiquus Falc.* que d'*El. primigenius Bl.*, *Villey-le-Sec;* Renne, *Laxou:* Ours des cavernes, *Pierre-la-Treiche*. Devait-on admettre qu'un phénomène géologique aussi important que le creusement et l'établissement définitif des vallées fluviales de la Moselle et de la Meurthe ne date que d'une époque postérieure à celle où vivaient ces animaux? Nous étions tentés de le croire, lorsque des découvertes, faites coup sur coup à la surface du plateau, nous firent entrevoir que le modèle de ces régions devait avoir une origine plus lointaine.

» Successivement nous pûmes constater dans des remplissages de fissures ou à la surface du plateau, à *Champ-le-Bœuf*, des amas de marnes oolithiques avec une série complète des fossiles du bathonien moyen (découverte de M. Gaiffe, opticien à Nancy) : des fossiles siliceux des chailles oxfordiennes emballées au milieu de la marne, de gros nodules (miches) de roche grenue siliceuse avec empreintes en creux de radioles de *Cidaris florigemma* et de nombreux bivalves : *dans les fondations du fort de Frouard*, ces mêmes nodules avec des fossiles des chailles emballés dans la marne bleue. M. le capitaine du génie Bois vient enfin de nous communiquer la découverte de ces mêmes miches à fossiles rauraciens ou coralliens, avec des dimensions énormes :

---

(1) *Description géologique du département de Meurthe-et-Moselle*, p. 75; 1883.

o^m,80 l., o^m,60 l., o^m,40 h.; elles sont accompagnées de blocs siliceux grenus anguleux; elles ont été trouvées au-dessus de Chaligny, à près de 10^{km} à vol d'oiseau des deux premiers gisements. L'abondance de ces témoins d'étages disparus, leur répartition à la surface du plateau dans sa partie calcaire la plus élevée, la taille des nodules accompagnés de blocs anguleux, le bon état de conservation des fossiles, tout concorde à rejeter l'hypothèse du transport au loin de ces matériaux. Il est à remarquer d'ailleurs que celui-ci n'aurait pu se faire que dans la direction de la pente générale, c'est-à-dire de l'est vers l'ouest, qui est celle qu'ont suivie les cailloux vosgiens, et non dans une direction opposée qui est celle des affleurements éloignés de 20^{km} et de 30^{km} du rauracien.

» On peut donc concevoir le plateau central de Haye surélevé de 200^m au minimum de toute l'épaisseur des étages *bathonien, callovien, oxfordien* et *rauracien* en partie [1], calculée d'après les affleurements de ces terrains aux environs de Toul et communiquant directement par un plan fortement incliné avec les Vosges, alors bien plus élevées qu'aujourd'hui.

» A la surface de ce plan incliné coulaient les fleuves aux noms inconnus, qui ont charrié les éléments arrachés aux Vosges, et, peu à peu, aidés des mouvements dynamiques dont nous retrouvons les traces, de la nature meuble du sol, des circonstances atmosphériques, ont sillonné, creusé, démantelé enfin, à travers les âges tertiaires, peut-être même crétacés, la couverture du plateau.

» A l'époque pléistocène sa surface démantelée a reçu et mis en réserve, dans les fissures béantes et agrandies par les eaux, les cailloux vosgiens, comme les roches et les fossiles jurassiques et quaternaires, et si l'on n'y trouve plus qu'une faible partie des déchets que suppose un pareil phénomène, on n'a pas lieu de s'en étonner, car ils ont été entraînés en majeure partie au loin, suivant la pente naturelle du terrain. »

GÉOLOGIE. — *Sur la présence du Priabonien (Éocène supérieur) en Tunisie.* Note de M. le commandant Flick, presentée par M. de Lapparent.

« Pendant mes levés de la Carte d'État-Major de Tunisie, j'ai pu étudier avec beaucoup de détails le Priabonien de la région de Kairouan.

» Il existe à la partie supérieure de l'Éocène des assises à *Echinolampas Perrieri* que MM. Thomas, Aubert, Gauthier et Locard ont fait con-

---

(1) Rien ne prouve en effet qu'il ne faille pas, plus tard, ajouter à cette liste les étages jurassiques supérieurs.

naître dans des Mémoires très intéressants. M. Aubert, dans l'explication de sa Carte géologique de Tunisie, qui a rendu de si grands services à la Régence, place ces couches dans l'Éocène supérieur. Il cite comme fossiles caractéristiques : *Euspatangus Meslei* Thom. et Gauth.; *Schizaster Africanus* de Lor; *Echinolampas Perrieri* de Lor. Je ferai remarquer à ce sujet que *Eusp. Meslei* étant spécial à la Tunisie, et que d'un autre côté, d'après les récents travaux de MM. Fourtau et Gauthier sur les Échinides de l'Égypte, *Sch. Africanus* et *Ech. Perrieri* appartenant au Lutétien, M. Aubert aurait ainsi donné à l'Éocène supérieur, comme on l'a fait quelquefois, une extension plus considérable que ne le comporte la nomenclature de MM. Munier-Chalmas et de Lapparent. Je considère que les assises dont il est question appartiennent au Priabonien.

» J'ai constaté la présence des assises à *Ech. Perrieri* sur un certain nombre de points nouveaux : 1° Dans la chaîne du Batène, 2° au nord de l'Oued-Bogal, 3° dans la chaîne des Souatir. Mais c'est surtout dans le Batène que ces couches prennent un développement remarquable.

» Le Priabonien constitue les couches supérieures du dôme allongé (nord sud) qui forme le massif du Batène-el-Guern. Ce dôme, qui a été arasé vers le nord, montre, sur ce point, deux bandes d'Éocène supérieur, entre lesquelles affleurent les calcaires de l'Éocène inférieur et moyen; ces deux bandes se réunissent vers le sud. Sur les flancs est et ouest du dôme, les assises priaboniennes forment une série de synclinaux et d'anticlinaux secondaires très importants.

» En partant des collines ophitiques et triasiques qui forment les points les plus élevés de la chaîne du Batène, on traverse d'abord la série crétacée à partir de l'Aptien, puis les calcaires de l'Éocène inférieur, les assises de l'Éocène moyen avec *Turritella obruta* Loc., pour arriver dans le Priabonien.

» Cet étage est constitué par une série de grès presque toujours redressés jusqu'à la verticale, qui alternent avec des argiles sableuses; par suite de l'érosion et de l'inégale résistance des roches, les grès forment des saillies parallèles de 4^m à 5^m de hauteur sur 1^m à 3^m de large, séparées par de petites vallées d'une largeur de 10^m à 12^m environ. Dans les argiles sableuses, on constate souvent la présence d'hydroxyde de fer et de petits cristaux isolés de gypse, qui ne sont pas contemporains des dépôts, mais proviennent de l'oxydation des pyrites.

» Les nouvelles observations paléontologiques, que j'ai faites avec le concours de MM. Douvillé et Munier-Chalmas, m'ont donné les résultats suivants : Les Scutelles et les Clypéastres que j'ai découverts sont en très grand nombre; ils appartiennent à des espèces voisines de *Scutella striatula* M. de Serres et *Clypeaster Biarritzensis* Cott., qui se retrouvent à Biarritz et en Italie dans les couches priaboniennes. Le *Pecten nucalis* Locard n'est que le *Pecten Michelotti* d'Archiac et correspond exactement à la forme de Biarritz, qui a les côtes non carénées, forme qui est également très commune dans les Alpes vénitiennes, à Salcedo et San-Gonini, au milieu d'assises qui

sont placées par M. Munier-Chalmas (*Étude sur le Vicentin*) à la limite de l'Éocène et de l'Oligocène.

» En Italie comme en Tunisie, le *Pecten Michelotti* est accompagné de *Nassa Caroni*, qui remonte jusque dans l'Oligocène de Hongrie, d'après les travaux de MM. Hébert et Munier-Chalmas.

» Un *Pecten* très abondant a les plus grands rapports avec les *Pecten subtripartitus* et *P. Gravesi* d'Arch.

» Je signalerai aussi la présence d'une variété éocène de la *Cytherea incrassata*, et de la *Pholadomya Puschi* qui se retrouvent avec les mêmes caractères à Salcedo et à San-Gonini. Il faut encore ajouter à cette liste des *Voluta, Cassis, Solarium, Ancilla,* qui appartiennent à des espèces très voisines de celles du Priabonien des Alpes vénitiennes; puis les espèces spéciales décrites par M. Locard : *Turritella obruta, T. Bourguignati, Pecten Tunetanus*, etc.

» Sur la Carte géologique de M. Aubert, on voit très nettement que l'Éocène supérieur forme des bandes grossièrement parallèles, dont la direction générale est nord-est-sud-ouest.

» Dans la région de Cherichira, j'ai suivi l'Éocène supérieur à partir du Fondouck d'El-Aouareb; une première zone, qui part à 1^{km} au nord de ce point, décrit un arc de cercle pour se diriger, en se recourbant fortement vers l'ouest et vers le massif de Cherichira et s'avance en déviant toujours vers l'ouest jusque dans la chaîne du Batène-el-Guern. A 8^{km} au nord du Batène, on retrouve dans son prolongement un affleurement au nord de l'Oued-Bogal. Il s'infléchit de nouveau vers l'ouest pour former la chaîne des Souatir, où j'ai constaté sa présence, et former plus au nord une bande qui se dirige vers le dôme crétacé de Takrouna, qu'elle contourne. La bande est se prolonge vers Djeradou, s'incurve vers le Djebel-Zid pour se réunir à la deuxième bande qui se trouve plus à l'ouest. Ces deux bandes réunies gagnent l'extrémité de la presqu'île du cap Bon.

» La deuxième bande dont je viens de parler, d'après les observations de M. Thomas et les miennes, se montre au pied du Djebel-bou-Mourra, pour se prolonger dans le massif du Zriba et de l'Halk-en-Neb et se réunir, comme nous l'avons dit, au massif du Zid, à la première bande. »

M. **A.-L. Herrera** adresse une nouvelle Note « Sur l'imitation des mouvements vermiculaires avec l'oléate d'ammoniaque ».

(Commissaires : MM. Marey, Chauveau.)

A 4 heures, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 4 heures et demie.

M. B.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans la séance du 15 janvier 1900.

Nouvelles leçons sur la Théorie des fonctions : Leçons sur les fonctions entières, par Emile Borel. Paris, Gauthier-Villars, 1900; 1 vol. in-8°. (Présenté par M. Picard.)

Pages choisies des savants modernes extraites de leurs œuvres, par A. Rebière. Paris, Nony et Cie, 1900; 1 vol. in-8°. (Présenté par M. Edmond Perrier.)

Explorations dans le Royans et le Vercors (2e campagne), par M. O. Décombaz. (Mémoires de la Société de Spéléologie, t. III, n° 22; décembre 1899.) Paris; 1 fasc. in-8°.

Bulletin de la Société astronomique de France et Revue mensuelle d'Astronomie, de Météorologie et de Physique du Globe. Janvier 1900. Paris; 1 fasc. in-8°.

Journal du Ciel : Bulletin de la Société d'Astronomie, notions populaires d'Astronomie pratique. 3e série, 36e année, février 1900. Paris; 1 fasc. in-8°.

La Science et le bon sens. Première année, nos 4, 5, janvier-mars 1900. Condé-sur-Noireau (Calvados), imp. L'Enfant; 2 fasc. in-8°.

Comptes rendus hebdomadaires des séances de la Société de Biologie; t. LII, n° 1, janvier 1900. Paris, Masson et Cie; 1 fasc. in-8°.

Journal d'Hygiène, fondé par le Dr Prosper de Pietra Santa. *Comptes rendus de la Société française d'Hygiène*, 26e année, 25e volume, n° 1215, jeudi 4 janvier 1900. Paris; 1 fasc. in-4°.

Marseille médical. Directeur : Ch. Livon. 37e année, n° 1. Marseille; 1 fasc. in-8°.

Chronique industrielle et l'Industriel du Nord et des Ardennes. Rédacteur en chef : D. Casalonga. Paris; 1 fasc. in-4°.

Faune des Vertébrés de la Suisse, par Victor Fatio. Volume II : *Histoire*

naturelle des Oiseaux. Ire Partie : *Rapaces, Grimpeurs, Percheurs, Bailleurs* et *Passereaux*. Genève et Bâle, Georg et Cie, 1899; 1 vol. in-8°. (Présenté par M. Milne-Edwards; hommage de l'Auteur.)

Nota sopra un termometro elletrico registratore. Ing. PROTO MURA. Milano, 1898; 1 fasc. in-8°. (Hommage de l'Auteur.)

Sull' impiego della corrente ellettrica per accelerare la votazionne nelle Assemblee Legislative. Milano, 1899; 1 fasc. in-12. (Hommage de l'Auteur.)

Al-Battani sive Albatenii opus astronomicum. Ad fidem codicis escurialensis arabice editum, latine versum, adnotationibus instructum a CAROLO-ALPHONSO NALLINO. Pars tertia, textum arabicum continens. Mediolani, 1899; 1 vol. in-4°. (Presentato in dono dal Reale Osservatorio di Brera in Milano.)

Nachtrag zu meiner Brochüre « Die Entstehung und Bewegung der Weltkörper », v. W. JAFTER. Hamburg, im Januar 1900; 1 fasc. in-12.

Report of the superintendent of the United States Naval Observatory, for the fiscal year ending June 30, 1899. Washington, 1899; 1 fasc. in-8°.

Fennia : Bulletin de la Société de Géographie de Finlande. 14, 15, 17. Helsingfors; 1897-1899; 3 vol. in-8°.

Société de Géographie de Finlande. Atlas de Finlande. Helsingfors, 1899. 1 vol. in-f°. (Le texte de cet Atlas forme le Tome XVII de *Fennia*.)

Finlands Geologiska Undersökning. Beskrifning till kartbladet n° 34, Mohla, af HUGO BERGHELL. Kuopio, O.-W. Backman, 1899; 1 fasc. in-8° et une Carte hors texte in-4° obl.

Monographs of the United States Geological Survey. Vol. XXIX, XXXI, XXXV. Washington, 1898; 3 vol. in-4°.

Atlas to accompany Monograph XXXI on the Geology of the Aspen district Colorado, by JOSIAH-EDWARD SPURR. Washington, 1898; 1 fasc. in-f°.

COMPTES RENDUS

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 22 JANVIER 1900,

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE LÉVY.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. **Grandidier**, en annonçant à l'Académie la perte qu'elle vient de faire dans la personne de M. *Alexis de Tillo*, Correspondant pour la Section de Géographie et Navigation, s'exprime dans les termes suivants :

« Le Secrétaire de la Société impériale russe de Géographie, M. de Schokalsky, m'a chargé d'annoncer à l'Académie la mort du général de Tillo, savant géographe russe, Correspondant de notre Section de Géographie et de Navigation depuis 1892, qui a été enlevé presque subitement, dans la force de l'âge, à la Science et à l'affection de ses amis, le 11 janvier dernier, après une seule semaine de maladie.

» Le général de Tillo avait en Russie une grande situation, due autant à son esprit large et élevé et à sa science qu'au tact parfait qu'il apportait dans ses relations et à sa connaissance des hommes qui lui a permis de

s'entourer de collaborateurs émérites dont il a su unir et diriger utilement les efforts pour l'aider à mener à bonne fin ses grands travaux sur l'Hypsométrie, le Magnétisme terrestre et la Climatologie de la Russie, sur la superficie de l'Empire russe et sur les sources des principaux fleuves de l'Europe ([1]). On lui doit, en outre, de très nombreuses études de Géographie générale et locale; et, pendant plus de vingt ans, il a été l'un des membres les plus actifs et les plus dévoués de la Société impériale russe de Géographie.

» Sa mort est une grande perte pour les Sciences géographiques et aussi pour tous ceux qui, ayant eu l'occasion d'être en relation avec lui, ont pu apprécier son noble caractère et sa profonde érudition, qui lui ont justement attiré l'estime et le respect de tous. »

ASTRONOMIE. — *Présentation des premières publications des Observatoires de Potsdam et de Paris, relatives à la Carte photographique du Ciel;* par M. **Lœwy.**

« L'Académie, qui a fait preuve d'une si vive sollicitude pour la grande entreprise de la Carte photographique du Ciel, apprendra sans doute avec satisfaction que cette œuvre internationale, émanant de l'initiative de savants français, est en heureuse voie d'exécution.

» Cette vaste exploration de l'espace, à laquelle participent dix-huit observatoires des deux hémisphères, a pour objet deux études d'une nature distincte :

» 1° De dresser une Carte à l'aide de clichés à longues poses; on se propose ainsi d'obtenir, de l'état actuel du Ciel, une représentation fidèle comprenant tous les astres jusqu'à la 14e grandeur, dont le nombre est évalué à trente millions;

» 2° De faire une série de photographies à poses plus courtes, reproduisant les images stellaires jusqu'à la 11e grandeur. Cette seconde recherche est destinée à la construction d'un Catalogue qui devra renfermer les coordonnées précises d'environ trois millions d'étoiles.

» Ces deux recherches parallèles ont été poursuivies avec une très

---

([1]) Ces deux derniers Travaux ne sont pas encore, malheureusement, complètement terminés.

grande activité dans presque tous les observatoires participants, conformément aux conventions établies par les divers Congrès tenus, à Paris, depuis l'année 1887.

» Les Observatoires de Potsdam et de Paris ont aujourd'hui l'honneur de soumettre à l'Académie les premiers résultats recueillis dans ces deux genres d'études et amenés à leur forme définitive.

» M. Vogel, l'éminent Directeur de l'observatoire de Potsdam, vient, en effet, de me demander de faire hommage, en son nom, à l'Académie du premier Volume du Catalogue, contenant les coordonnées rectilignes de tous les astres jusqu'à la 11e grandeur, relatives à cinquante-sept clichés de la zone comprise entre 32° et 39° de déclinaison boréale.

» Immédiatement après le premier Congrès tenu à Paris en 1887, M. Vogel a sollicité avec succès, auprès de son gouvernement, les ressources nécessaires à la bonne exécution du travail. Il est ainsi parvenu à faire construire sans retard un équatorial des dimensions recommandées par le Congrès et n'a rien négligé pour l'adapter du mieux possible à sa destination. Cet instrument a été confié à M. le Dr J. Scheiner, déjà connu par de belles recherches de photographie céleste; c'est aux labeurs persévérants de cet astronome distingué qu'on est déjà redevable de l'achèvement d'une importante fraction du travail.

» Le Volume débute par un préambule, exposant avec une clarté parfaite les conditions dans lesquelles ces études ont été exécutées et permettant d'apprécier leur degré de précision; on constate ainsi aisément que les observations, aussi bien que les mesures, ont été entourées des plus hautes garanties d'exactitude. Aussi la précision atteinte est-elle notablement plus élevée que celle assignée par la Conférence de Paris.

» Ce document, paru dans le courant de 1899, fournit les coordonnées rectilignes d'environ 20700 étoiles rapportées au centre des clichés respectifs, la grandeur estimée et les positions équatoriales approchées.

» Qu'il nous soit permis de féliciter l'observatoire de Potsdam de la remarquable activité avec laquelle il a su mener à bonne fin, dans un temps relativement court, cette publication importante.

» A la même époque, au début de l'année 1899, l'Observatoire de Paris publiait de son côté les 20 premières feuilles de la Carte du Ciel proprement dite. L'édition de ces feuilles a présenté des difficultés considérables qui ont paralysé pendant longtemps les efforts des Astronomes. Il s'agissait en effet d'obtenir les images des étoiles de 14e grandeur, que leur extrême faiblesse rendait difficiles à distinguer des grains et des impuretés de la

couche sensible. Il fallait donc trouver un procédé pour éliminer les très nombreuses fausses images, faciles à confondre avec les vraies.

» Pour atteindre ce but, le Congrès de 1896 a enfin trouvé le remède en décidant, au lieu de faire une très longue pose unique, de baser les clichés de la Carte sur trois poses de trente minutes chacune.

» La méthode utilisée consiste donc à produire une image triple de chaque étoile, à l'aide de deux légers déplacements systématiques des plaques effectués après la première exposition de trente minutes. De cette façon, on est maintenant assuré de n'avoir plus rien à redouter de cette source d'erreurs.

» Pour montrer toute la valeur et l'efficacité de cette belle exploration du Ciel, il convient de mentionner que, dans la surface si limitée des clichés de 16^{cm} de côté, on trouve souvent les images de plusieurs milliers d'étoiles. C'est ainsi que dans le cliché n° 46, zone $+24°$, de l'Observatoire de Paris, on a compté jusqu'à 6705 étoiles distinctes.

» Ce travail a été conduit dès le début par MM. Henry avec une infatigable énergie et une sûreté de méthode qui a servi de modèle à un très grand nombre d'observatoires étrangers.

» Les deux observatoires de Potsdam et de Paris peuvent donc revendiquer en commun l'honneur d'avoir inauguré, dans ses deux formes différentes, la publication de la Carte photographique du Ciel. »

NOMINATIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à la nomination d'un Correspondant pour la Section de Géométrie, en remplacement de M. *Sophus Lie*.

Au premier tour de scrutin, le nombre des votants étant 41,

M. Zeuthen obtient l'unanimité des suffrages.

M. **Zeuthen** est proclamé élu.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à la nomination d'un Correspondant pour la Section de Minéralogie, en remplacement de M. *Matheron*.

Au premier tour de scrutin, le nombre des votants étant 37,

M. Peron obtient . . . . 35 suffrages,
M. Œhlert. . . . . 2 »

M. **Peron**, ayant obtenu la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à la nomination de diverses Commissions.

Le dépouillement des scrutins donne les résultats suivants :

Commission chargée de présenter une question de prix Fourneyron pour l'année 1901. — MM. Sarrau, Léauté, Boussinesq, Maurice Lévy, Deprez.

Commission chargée de juger le concours du « Grand prix des Sciences mathématiques » pour l'année 1900. — MM. Jordan, Darboux, Poincaré, Picard, Hermite.

Commission chargée de juger le concours du prix Bordin (Sciences mathématiques) pour 1900. — MM. Darboux, Poincaré, Picard, Appell, Jordan.

Commission chargée de juger le concours du prix Francœur pour 1900. — MM. Poincaré, Darboux, Picard, Jordan, Appell.

MÉMOIRES PRÉSENTÉS.

M. **Adolphe Schott** adresse une Lettre relative à une Communication qu'il a transmise le 29 février 1898.

(Renvoi à la Commission des Aérostats.)

M. **Théophile Rozmargnowicz** soumet au jugement de l'Académie un Mémoire ayant pour titre : « Essai d'une introduction à l'Économie sociale, étude philosophique et mathématique ».

(Renvoi à la Section de Géométrie.)

CORRESPONDANCE.

La **British Astronomical Association** propose d'organiser une expédition en Espagne et en Algérie pour l'observation de l'éclipse totale de Soleil qui aura lieu le 28 mai 1900.

Cette proposition est renvoyée à la Section d'Astronomie.

HISTOIRE DES SCIENCES. — *Note sur les OEuvres de Lavoisier;* par M. de Vincenzi. (Extrait.)

« En publiant les OEuvres de Lavoisier, Dumas ne paraît pas avoir eu connaissance d'une Lettre de Lavoisier, adressée le 6 janvier 1793 à Robert Kerr, traducteur anglais de son *Traité élémentaire de Chimie*.

» Je demande la permission de mettre cette Lettre sous les yeux de l'Académie :

» Paris, le 6 janvier 1793 (l'an 2 de la République).

» Monsieur,

» Il est vrai que l'imprimeur qui s'était chargé de la publication de mes *Élémens de Chimie* vient d'en donner une seconde édition, mais c'est à mon insçu, et sans que j'y aye fait le plus léger changement. C'est donc plutôt une contrefaçon qu'une seconde édition.

» Je ne puis au surplus voir qu'avec bien de la reconnaissance l'intention où vous m'annoncez être d'entreprendre la traduction en anglais d'une seconde édition. Je vous prie de réserver cette bonne volonté pour un autre tems; car depuis que j'ai absolument renoncé à toutes les affaires publiques, et que j'ai résolu de donner aux sciences tout mon tems, j'ai entrepris des *Élémens de Chimie* sur un plan beaucoup plus vaste. Je ne pense pas que la publication puisse en être faite avant deux ans, et je m'empresserai de vous en adresser un exemplaire, feuille par feuille, si vous désirez, dès que l'impression sera commencée; mais ce n'est que dans un an, au plus tôt, que je pourrai commencer les envois (1).

» Signé : Lavoisier.

» A M. Kerr, Edimbourg.

» Dans ces circonstances, l'Académie jugera sans doute qu'il y a lieu de charger un de ses membres, plus spécialement un de ceux auxquels la

---

(1) *Elements of Chemistry by Lavoisier, translated by R. Kerr*, 5th edition, Edinburgh, 1802, vol. I, p. XIV.

publication des OEuvres fut confiée, d'examiner de nouveau les pièces manuscrites écartées dont elle est dépositaire, avec l'espérance de voir imprimer les *Éléments de Chimie* sur le plan plus vaste conçu par Lavoisier, et s'enrichir l'histoire de la Science chimique moderne. »

Observations au sujet de la Note précédente; par M. **Berthelot.**

« Les Archives de l'Académie possèdent tout ce que Lavoisier a laissé, à notre connaissance, en manuscrits relatifs à son *Traité de Chimie,* soigneusement rangés et collationnés. Dumas particulièrement en a fait une étude attentive et approfondie; Debray et après lui notre Confrère M. Grimaux ont exécuté depuis le même travail. Enfin j'ai moi-même passé une revision attentive des papiers de Lavoisier contenus dans les Archives de l'Académie. Or, quelles qu'aient été les intentions de Lavoisier, dans la dernière année de sa vie, année si profondément troublée, il résulte de l'examen des papiers que nous possédons qu'il n'existe aucune pièce de quelque intérêt, rédigée en vue d'une troisième édition plus développée que les précédentes : c'est là un projet qui ne paraît avoir eu aucune suite. Tout ce qui a quelque valeur dans ces manuscrits en a été extrait avec un soin pieux et imprimé par les savants qui se sont succédé depuis un demi-siècle dans la publication officielle de ses OEuvres. »

GÉOMÉTRIE. — *Sur les surfaces isothermiques.* Note de M. C. **Guichard**, présentée par M. Darboux.

« Considérons les sphères qui sont I et C; une sphère I est une sphère-point dont le centre A décrit un réseau de lignes de courbures; soient x_1, x_2, x_3 les coordonnées de A

$$dx_1^2 + dx_2^2 + dx_3^2 = h^2 du^2 + l^2 dv^2.$$

x_1, x_2, x_3 sont solutions de l'équation

$$(1) \qquad \frac{\partial^2 x}{\partial u \partial v} = \frac{1}{h}\frac{\partial h}{\partial v}\cdot\frac{\partial x}{\partial u} + \frac{1}{l}\frac{\partial l}{\partial u}\cdot\frac{\partial x}{\partial v},$$

et si l'on choisit convenablement un facteur commun, on peut dire que les cinq coordonnées de la sphère-point A sont solutions de l'équation (1). En

écrivant que cette sphère est C on aura

$$\theta = h^2 U^2 + l^2 V^2,$$

ce qui montre que la surface A est isothermique; il est clair que la réciproque est exacte.

» L'équation (1) étant une équation à invariants égaux la sphère point A est C d'une infinité de manières.

» Prenons un cercle O harmonique à la sphère A; la sphère A étant I, ce cercle sera 2I. Inversement, prenons un cercle O, 2I; il y a deux sphères I qui lui sont harmoniques, ce sont les pôles du cercle. Ces sphères sont nécessairement C puisqu'elles sont harmoniques à un cercle O. Les deux pôles de ce cercle décrivent donc des surfaces isothermiques. Il en résulte que si une sphère est O, 2I, les deux points où elle touche son enveloppe sont des surfaces isothermiques. [Ces sphères ont été signalées par M. Darboux, Note *Sur les surfaces isothermiques* (*Comptes rendus*, 1[er] semestre 1899).] Parmi les cercles harmoniques à une sphère C il y en a ∞^3 qui sont O; comme la sphère A est C d'une infinité de manières, il y aura ∞^4 cercles O; on déduit donc d'une surface isothermique A ∞^4 nouvelles surfaces A' isothermiques; A et A' sont les points où une sphère O, 2I touche son enveloppe. On a ainsi une transformation des surfaces isothermiques que j'ai signalée [*Sur le problème de M. Bonnet* (*Comptes rendus*, 2[e] semestre 1897)] et que je vais développer.

» Soient M le centre d'une sphère O, 2I; A et A' les points où cette sphère touche son enveloppe, le réseau M sera, en général, C, 2O; soit m le réseau applicable sur M; prenons la sphère correspondante de centre m, elle devra passer par un point fixe a puisque la sphère (M) est O; si l'on fait rouler (m) sur (M), la droite ma viendra coïncider avec MA ou MA'; donc :

» *Si l'on considère un réseau* C, 2O, *il y a, en général, deux réseaux parallèles tels que l'une des congruences de normales qui leur sont conjuguées passent par un point fixe a; soient m l'un de ces réseaux,* M *le réseau applicable; si l'on fait rouler m sur* M, *la droite ma vient occuper la position* MA; *le point* A *et son symétrique* A' *par rapport au plan tangent en* M *décrivent des surfaces isothermiques normales à* MA *et* MA'.

» L'application aux quadriques de révolution est immédiate. Tout réseau (m) d'une quadrique de révolution est 2O, les congruences de normales conjuguées sont les droites mf, mf' qui joignent le point m aux foyers; soient φ et φ' les symétriques de f et f' par rapport au plan tangent en m; si l'on déforme la quadrique, les points f, f', φ, φ' viennent en F, F',

Φ, Φ'; ces derniers points décrivent des surfaces isothermiques; les surfaces F et Φ' ont la même normale; donc ces surfaces isothermiques ont leur courbure moyenne constante : c'est le premier théorème énoncé dans ma Note du 23 janvier 1899.

» Prenons un cercle O, 2I qui a pour pôles A, A'; ce cercle étant O est normal à une infinité de surfaces; soit N l'une d'elles. La sphère-point N est I, 2O et l'on obtient ainsi ∞^1 sphères I, 2O conjuguées au cercle O, 2I. Le réseau N est, en général, 2C, c'est-à-dire applicable sur un réseau de l'espace à quatre dimensions; pour que la sphère N soit 2O, il faut de plus que ce réseau de l'espace à quatre dimensions soit situé sur une sphère de rayon nul. On en déduit aisément la propriété caractéristique des surfaces (N) :

» *Il existe une surface* (N') *ayant même image sphérique de ses lignes de courbure que la surface* (N) *et telle que si* R_1 *et* R_2 *sont les rayons de courbure principaux de* (N), R'_1 *et* R'_2 *les rayons correspondants de* (N'), *on ait*

$$R_1 R'_2 + R_2 R'_1 = \text{const.},$$

la constante n'étant pas nulle.

» D'après la théorie générale, il y a ∞^2 cercles O, 2I conjugués à cette sphère (N); ces cercles passent par le point N; leurs pôles A, A' décrivent des surfaces isothermiques; ces pôles A, A' sont situés sur les tangentes isotropes à la surface N.

» En regardant les choses de plus près, on voit que cette double infinité se décompose en deux séries simplement infinies; sur la première tangente isotrope à la surface N il y a ∞^1 points A qui décrivent des surfaces isothermiques, ∞^1 points A' sur la seconde, et, pour former un couple AA', on peut associer un point quelconque de la première série à un point quelconque de la seconde. Les points de chaque série se déterminent à l'aide d'une équation de Riccati. Il en résulte que, si l'on connaît un couple AA' appartenant à une surface (N), on peut déterminer tous les autres à l'aide de quadratures.

» *Si l'on connaît une surface* (N) *et un couple* AA' *de cette surface, on peut continuer la transformation des surfaces isothermiques en effectuant seulement des quadratures.*

» D'abord, il résulte de ce qui précède qu'on peut déterminer par des quadratures tous les couples appartenant à la surface (N); soit BB' l'un de ces couples; B, B' sont les pôles d'un cercle O, 2I qui passe par N. Ce cercle est normal à une infinité de surfaces; l'une d'elles N étant connue, toutes

les autres se déterminent par des quadratures; soit N′ l'une d'elles; on connaît alors un couple BB′ appartenant à la surface N′; on pourra donc déterminer tous les autres, et ainsi de suite.

» Cette transformation des surfaces isothermiques me paraissant importante, je me propose de la développer analytiquement dans ma prochaine Note. »

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur le degré de généralité d'un système différentiel quelconque.* Note de M. **Riquier**, présentée par M. Darboux.

« I. Considérons d'abord un système différentiel, résolu par rapport à certaines des fonctions inconnues ou de leurs dérivées, et dont les seconds membres soient, dans un même domaine, tous développables par la série de Taylor : nous dirons qu'une quantité quelconque, prise dans l'ensemble illimité que forment les inconnues u, v, ... et leurs dérivées de tous ordres, est, par rapport au système considéré, *principale* ou *paramétrique*, suivant qu'elle coïncide ou non, soit avec quelqu'un des premiers membres, soit avec quelqu'une de leurs dérivées. Des intégrales quelconques d'un pareil système étant supposées développées par la série de Taylor à partir de valeurs initiales quelconques, x_0, y_0, ..., des variables indépendantes x, y, ..., les portions de ces développements formées par l'ensemble des termes qui, aux facteurs numériques connus près, ont pour coefficients les valeurs initiales des quantités paramétriques, se nommeront les *déterminations initiales*, relatives à x_0, y_0, ..., des intégrales dont il s'agit. On peut d'ailleurs, comme je l'ai établi ([1]), fixer à l'aide des considérations les plus élémentaires l'économie des fonctions (ou constantes), en nombre fini, dont la connaissance équivaut à celle des déterminations initiales,

» Aux équations qui composent le système considéré S, adjoignons maintenant toutes celles qui s'en déduisent par de simples différentiations : si le système illimité résultant de cette adjonction possède la propriété capitale d'être successivement résoluble par rapport aux quantités principales du système S, nous dirons que ce dernier, S, est *explicite*. En effectuant la résolution successive de toutes les manières possibles, on obtient pour chacune des quantités principales un certain nombre d'expressions contenant exclusivement les variables indépendantes et les quantités para-

---

([1]) Voir les *Comptes rendus* du 31 mai 1898.

métriques : dans le cas où les expressions ainsi obtenues pour une même quantité principale quelconque sont *toutes identiques* entre elles, nous dirons que le système explicite donné est *passif*. Enfin, lorsqu'un système explicite passif est tel, que la convergence des déterminations initiales arbitrairement choisies pour ses intégrales hypothétiques entraîne celle des portions restantes de leurs développements, les intégrales dont il s'agit existent effectivement, et le système est dit *complètement intégrable*.

II. A chacune des variables indépendantes et des fonctions inconnues engagées dans un système explicite, attribuons actuellement une *cote* entière (positive, nulle ou négative), sous la seule condition *que les cotes des diverses variables indépendantes soient toutes égales à un même entier positif*. Considérons ensuite une dérivée quelconque de l'une des fonctions inconnues, et nommons *cote* de la dérivée en question l'entier obtenu en ajoutant à la cote de la fonction inconnue celles de toutes les variables de différentiation, distinctes ou non. Cela posé, nous dirons que le système explicite est *isonome*, si, moyennant un choix convenable des cotes attribuées aux variables et aux inconnues, chaque second membre ne contient *effectivement*, outre les variables indépendantes, que des quantités (inconnues ou dérivées) dont la cote ne surpasse pas celle du premier membre correspondant. Par exemple, les systèmes que j'ai nommés *orthonomes* sont des systèmes explicites isonomes.

» Il résulte de mes travaux antérieurs qu'un système différentiel quelconque peut, de bien des manières (et cela sans changement de variables ni intégration) se ramener à la forme isonome passive.

III. Nous nommerons *genre* d'une fonction arbitraire le nombre des variables dont elle dépend.

» Un système explicite passif étant donné, et tous les coefficients restant arbitraires dans les déterminations initiales, relatives à x_0, y_0, ..., de ses intégrales hypothétiques, nous appellerons λ le genre maximum des arbitraires dont la donnée équivaut à celle de ces déterminations initiales, et μ le nombre des arbitraires qui, parmi elles, sont de genre λ.

» Cela posé : 1° *Si l'on réduit à une forme isonome passive un système différentiel donné quelconque (non impossible), les nombres* λ, μ, *ci-dessus définis, et qui ne dépendent évidemment pas des valeurs initiales choisies pour les variables* x, y, ..., *ne dépendent non plus, ni de la réduction effectuée sur le système, ni du changement des variables et des inconnues.* 2° *Si, plus généralement, on réduit le même système à une forme explicite passive, et qu'on désigne par* L, M *les valeurs constantes spécifiées dans la première partie de*

l'énoncé, on a nécessairement, ou bien $L - \lambda > 0$, *ou bien* $L - \lambda = 0$, $M - \mu > 0$, *ou bien enfin* $L - \lambda = 0$, $M - \mu = 0$.

» D'après cela, et en tenant compte de ce fait que les systèmes complètement intégrables, ou tout au moins l'immense majorité d'entre eux, sont isonomes, on est conduit à définir le degré de généralité d'un système différentiel quelconque à l'aide des nombres L, M, relatifs à l'une quelconque de ses formes isonomes passives. »

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur la mesure de la capacité dans un milieu hétérogène.* Note de M. **A.-A. Petrovsky**, présentée par M. Lippmann.

« Toutes les méthodes nouvelles employées pour mesurer la capacité sont des méthodes dynamiques, employant les courants alternatifs. Il s'ensuit que dans l'équation $C = \frac{Q}{V}$, qui définit la capacité C, celle-ci doit être en général considérée comme une fonction du temps, au même titre que Q et V. C'est pour cette raison que les méthodes de compensation ne donnent pas toujours des équilibres bien définis.

» Si nous prenons comme exemple la méthode indiquée par Borgmann et Petrovsky [1], c'est bien la condition pour laquelle le nœud revient au milieu du tube. Nous nous bornerons à l'étude du cas où le potentiel de la source est exprimé par la fonction suivante

$$V = E_0 \operatorname{sn} 2\pi nt.$$

» Le calcul montre que, pour ce cas, la charge totale contenue dans le système est aussi une fonction du temps

$$(8) \qquad Q = E_0 \sqrt{\frac{p^2 + 1}{\frac{p^2}{r_1^2} + \frac{1}{c^2}}} \operatorname{sn}(2\pi nt - \omega),$$

où p a la valeur

$$p = \frac{2k}{Kn}$$

et c est la grandeur indiquée par la formule (4). Il s'ensuit que la charge totale a la même période que le potentiel, mais qu'elle diffère de celui-ci

---

[1] *Comptes rendus*, t. CXXVIII, p. 420; 1899.

par sa phase ω pour laquelle

$$(9)\qquad \operatorname{tang}\omega = \frac{p\left(\frac{1}{c} - \frac{1}{r_1}\right)}{\frac{p^2}{r_1} + \frac{1}{c}}.$$

» Il est nécessaire, pour une compensation complète, que les amplitudes comme les phases des quantités Q soient égales, ce qui entraîne deux équations

$$(10)\qquad \left\{ \begin{aligned} \frac{p^2+1}{\frac{p^2}{r_1^2} + \frac{1}{c^2}} &= \frac{p'^2+1}{\frac{p'^2}{r_1'^2} + \frac{1}{c'^2}}, \\ \frac{p\left(\frac{1}{c} - \frac{1}{r_1}\right)}{\frac{p^2}{r_1} + \frac{1}{c}} &= \frac{p'\left(\frac{1}{c'} - \frac{1}{r_1'}\right)}{\frac{p'^2}{r_1'} + \frac{1}{c'}}. \end{aligned} \right.$$

» Dans les expériences faites avec J.-J. Borgmann, le système compensateur était formé par des colonnes de mercure.

» Nous pouvons bien supposer que ces colonnes étaient des conducteurs parfaits. L'analyse des formules précédentes montre qu'une compensation complète ne peut être atteinte qu'aux cas où le système compensé est aussi ou conducteur ou un isolant. Dans tous les autres cas on sera obligé de satisfaire à la première des équations (10), c'est-à-dire

$$(11)\qquad \frac{p^2+1}{\frac{p^2}{r_1^2} + \frac{1}{c^2}} = r_1'^2.$$

en laissant à côté l'autre, qui, pour ce cas, se simplifie en prenant la forme

$$(12)\qquad \frac{p\left(\frac{1}{c} - \frac{1}{r_1}\right)}{\frac{p^2}{r_1} + \frac{1}{c}} = 0.$$

(On peut prouver que ce sera actuellement le cas où la compensation est aussi proche que possible de la compensation complète.)

» Cette compensation incomplète se manifestant en ce que le nœud devient très indistinctement déterminé, a été remarquée presque toujours pendant nos expériences, et surtout quand les burettes étaient remplies du liquide étudié.

» C'est aussi une conséquence de la théorie précédente, parce que la

grandeur (12) est d'autant plus proche de zéro que r_1 est petit. Lorsque le nœud devenait trop indistinctement déterminé, nous pouvions obtenir une compensation plus parfaite en changeant le nombre d'oscillations de l'interrupteur.

» Si l'on trace une courbe exprimant la relation entre la phase et le nombre d'oscillations, on peut voir que ce sont les nombres très grands, aussi bien que les nombres très petits qui favorisent la compensation, et qu'il y a toujours un tel nombre n d'oscillations où la phase ω devient maximum; en général, il faut toujours s'éloigner de ce nombre nuisible.

» Le calcul montre que la quantité $\dfrac{p^2+1}{\dfrac{p^2}{r_1^2}+\dfrac{1}{c^2}}$ qui entre dans l'équation (12) n'est rien autre que la valeur de la relation

$$(13)\qquad \frac{\frac{1}{T}\int_0^T Q\,dt}{\frac{1}{T}\int_0^T V\,dt} = \overline{C},$$

où T est le quart de la période totale d'oscillation du potentiel de la source; cette valeur peut être signalée par analogie comme *capacité apparente moyenne* du système étudié.

» En différentiant cette valeur par rapport à n, il est facile de voir que le changement du nombre d'oscillations doit influencer la grandeur de la capacité mesurée.

» La capacité diminue de r_1 jusqu'à c lorsque n augmente, ce qui est en concordance parfaite avec les résultats obtenus par les derniers travaux sur cette question [1].

» L'analyse montre encore qu'il y a toujours un nombre n tel que la dérivée $\dfrac{\partial \overline{C}}{\partial n}$ devient maximum, c'est-à-dire que dans les environs de ce nombre un petit changement de n doit avoir une influence notable sur la grandeur de la capacité mesurée. Un tel point fut observé par nous quand nous avons opéré sur des gaz. »

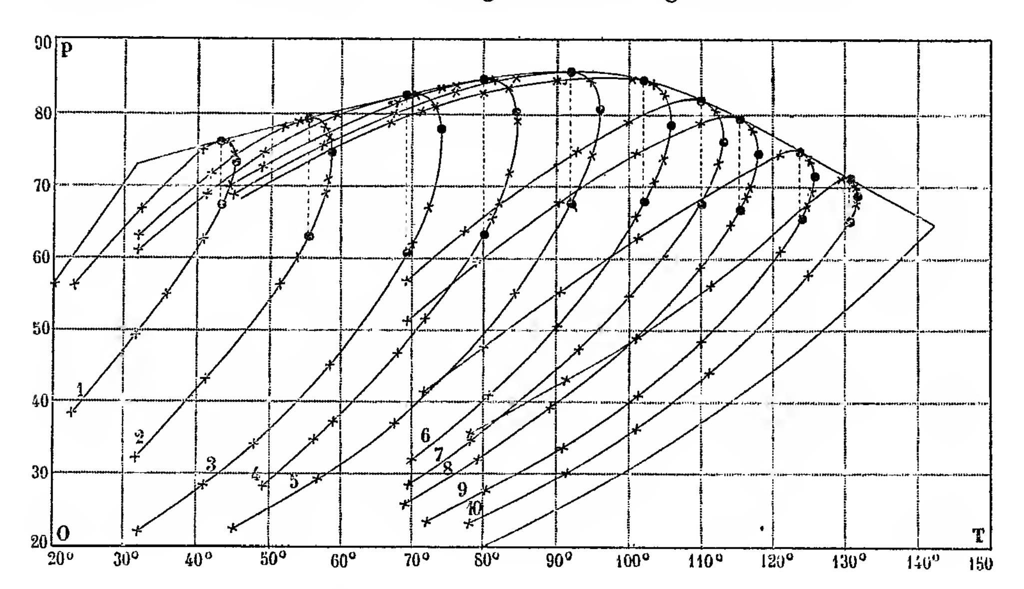
---

(1) Voir Hanauer, *Wiedemann Annalen*, p. 65; 1898.

PHYSIQUE. — *Sur la liquéfaction des mélanges gazeux* (¹).
Note de M. F. CAUBET.

« Dans la présente Note, les mots : *point de rosée, point d'ébullition, point critique, ligne de rosée, ligne d'ébullition, ligne limite, ligne critique, condensation rétrograde*, ont le sens employé par M. Duhem (²).

» J'ai construit pour divers mélanges de CH^3Cl et de CO^2 dix lignes limites, correspondant à des compositions variant de 0,1 à 0,9 en volumes de CH^3Cl. Les résultats sont consignés dans la figure ci-dessous.



» *Explication de la figure.* — La première courbe à gauche est la courbe des tensions de vapeur saturée de CO^2 (Amagat), la dernière à droite celle de CH^3Cl (Kuenen).

» Les courbes intermédiaires sont les lignes limites dont les numéros correspondent aux compositions suivantes :

Numéros.	CO^2.	CH^3Cl.
1	0,896	0,104
2	0,7981	0,2019

(¹) Travail fait au laboratoire de Physique théorique de la Faculté des Sciences de Bordeaux.

(²) *Traité élémentaire de Mécanique chimique*, t. IV, p. 145.

Numéros.	CO^2.	CH^3Cl.
3	0,6777	0,3223
4	0,5958	0,4042
5	0,497	0,503
6	0,3817	0,6183
7	0,3486	0,6514
8	0,2978	0,7022
9	0,2002	0,7998
10	0,1007	0,8993

» La courbe supérieure, enveloppe des lignes limites, et tangente à chacune d'elles en son point critique, est la ligne critique. La deuxième série de points ronds est constituée par les points d'abscisse maximum, la troisième par les points de rosée aux diverses températures critiques.

» La condensation rétrograde s'observe dans l'aire limitée par l'ordonnée critique, et, par l'arc de la ligne de rosée qui comprend les trois points ronds.

» Elle se produit pour une composition quelconque.

» La région d'observation la plus favorable est celle qui comprend les aires des lignes limites 3 et 4, on y dispose d'un intervalle de température d'environ 5° et d'un intervalle de pression de 22^{atm}.

» Pour une même composition la grandeur de la condensation rétrograde est maximum, au voisinage immédiat de la température critique ; les lectures y manquent de précision, les brouillards et les ménisques estompés se produisent encore dans ces conditions. La netteté n'apparaît qu'à plus de 1° au-dessus de la température critique. La grandeur du phénomène diminue à mesure qu'on tend vers le point d'abscisse maximum.

EXEMPLE. — *Ligne limite* n° 4.

80°	Température critique.
81°	Condensation rétrograde (mauvaises conditions).
82°	Grande netteté, le rapport du volume maximum du liquide au volume total est 0,1.
83°,2	Grande netteté, le rapport du volume maximum du liquide au volume total est 0,0625.
84°	Point d'abscisse maximum.

» La composition influe sur la grandeur du phénomène. L'observation la plus favorable a été celle de la composition n° 3, à 72°,5 ; le rapport du volume maximum du liquide au volume total est 0,182. C'est donc dans le

voisinage de cette composition que se présentent les limites les plus larges de température, de pression et de grandeur.

» Pour l'ensemble des dix compositions étudiées, j'ai construit un réseau de soixante-dix isothermes complètes. (Partie homogène vapeur, partie hétérogène liquide et vapeur, partie homogène liquide.) Ces lignes offrent l'allure générale représentée par M. Duhem (¹).

» M. Kuenen (²) a déjà publié des résultats relatifs à trois mélanges de CH^3Cl et de Co^2. Le mélange n° 6 est extrêmement voisin de l'un d'eux. On peut juger de la concordance par le Tableau suivant :

	Mélange de M. Kuenen.		Mélange n° 6.	
Composition..........	CH^3Cl : 0,59	CO^2 : 0,41	CH^3Cl : 0,6183	CO^2 : 0,3817
Température critique..	voisine de 103°		102°,3	
Condens. rétrograde...	104°	105°	103°,5	105°
Point d'abscisse max... { temp. voisine de	105°,8		106°	
Point d'abscisse max... { pression.......	79^{atm},5		79^{atm}	

ÉLECTRICITÉ. — *Sur un phénomène particulier à l'emploi des courants triphasés en Radiographie.* Note de M. **Delézinier**, présentée par M. Lippmann.

« J'ai eu l'honneur de signaler à l'Académie, en décembre dernier, les résultats que m'a donnés le courant triphasé du secteur urbain de la ville de Limoges, avec un matériel de radiographie pour courants continus, obligeamment prêté pour ces recherches par M. Radiguet. Le dispositif que j'emploie, dont les éléments sont une self et un interrupteur électrolytique précédemment décrits, présente l'avantage de ne pas modifier l'éclairement de l'ampoule si l'on vient à renverser les connexions de celle-ci avec la bobine. Appelons A et B les deux extrémités du fil induit de la bobine, relions A à la cathode, B à l'anode de l'ampoule. Nous ferons ainsi, comme terme de comparaison, une première radiographie (n° 1).

» Nous relions maintenant, toutes choses égales d'ailleurs, l'extrémité A du fil induit à l'anode, l'extrémité B du même fil à la cathode de l'ampoule. Malgré cette interversion, l'ampoule s'éclaire de la même façon et

(¹) *Traité élémentaire de Mécanique chimique*, t. IV.

(²) *Archives néerlandaises des Sciences exactes et naturelles*, t. XXVI, p. 354.

donne, avec le même temps de pose, une radiographie (n° 2) en tout comparable à la première.

» En résumé, par l'emploi du courant triphasé et de mon dispositif, les ampoules fonctionnent toujours dans le sens voulu et l'on peut relier n'importe quel pôle de la bobine à n'importe quel pôle de l'ampoule. En présence du nombre croissant de villes où les distributions d'électricité se font sous forme de courant triphasé, considéré jusqu'à présent comme impropre à la radiographie, j'ai cru devoir signaler ce phénomène, qui simplifie l'emploi de la radiographie dans les hôpitaux, où le manque de technique cause, sur courant continu, des renversements de polarité désastreux pour les ampoules. J'aurai l'honneur de soumettre à l'Académie les recherches que j'ai entreprises sur ce phénomène par la stroboscopie, la spectroscopie et la méthode des miroirs tournants, dans le but d'éclaircir la théorie de ce résultat au premier abord paradoxal. »

PHOTOGRAPHIE. — *Transformation de l'image photographique d'un cliché en un état lamellaire, et phénomènes de colorations qui en dérivent.* Note de M. A. TRILLAT, présentée par M. Lippmann.

« On sait que l'image photographique d'un cliché est formée d'un précipité amorphe disséminé dans l'intérieur de la pellicule qui constitue le support. Les variations du grain en forment les intensités. Je me suis posé le problème suivant : est-il possible de transformer l'état amorphe de l'argent qui constitue l'image, en état lamellaire? Si cette transformation est possible, le remplacement de l'état amorphe par l'état lamellaire donne-t-il lieu à des phénomènes de colorations interférentielles?

» Pour résoudre ces questions, il fallait d'abord chercher un procédé permettant de dissoudre l'image, c'est-à-dire le précipité d'argent amorphe, dans la pellicule même, et, en dernier lieu, trouver un réactif capable de reprécipiter l'argent, non plus à l'état amorphe, mais à l'état de lames.

» Il m'a paru difficile d'obtenir la solubilisation de l'image dans un bain liquide : le dissolvant, dans de pareilles conditions, déforme l'image et enlève une partie du précipité argentique. Tel n'est pas le cas si l'on expose la plaque photographique à des vapeurs qui, tout en solubilisant l'argent, ne détériorent pas le support de l'image. Ce résultat est obtenu en exposant la plaque à l'action des vapeurs d'acide azotique. A cet effet, la plaque, préalablement soumise à un traitement de nettoyage, de polissage

et de durcissement, est placée dans un récipient contenant de l'acide azotique du commerce. On voit l'image, après quelques instants d'exposition, s'atténuer peu à peu et disparaître presque totalement. Le cliché devient entièrement transparent, et le précipité argentique reste dissous à un état qui paraît être colloïdal, à l'intérieur même du support (1).

» Il s'agit maintenant de faire réapparaître l'image en précipitant, à l'état de lames métalliques continues, l'argent solubilisé par la méthode précédente. Dans ce but, je me suis adressé à l'hydrogène sulfuré ou à un corps susceptible de le régénérer (2). Pour la même raison que celle que je viens d'exposer ci-dessus, il est préférable de se servir de vapeurs. La plaque étant placée dans un deuxième récipient, on y fait arriver un courant d'hydrogène sulfuré humide. A peine le courant s'est-il produit que l'on voit l'image apparaître avec un aspect métallique argenté et uniforme. En continuant le traitement, le contour des objets ne tarde pas à se dessiner, puis, finalement, des colorations vives et d'aspect métallique viennent se localiser sur les diverses parties de l'image : ces colorations s'atténuent, deviennent diffuses si l'action est trop prolongée.

» L'opération est arrêtée avant cette limite, la plaque est ensuite séchée.

» Si l'on examine par réflexion un cliché ainsi traité soit face verre, soit face gélatine, on aperçoit une image polychrome vivement colorée; les couleurs sur les deux faces sont souvent complémentaires l'une de l'autre : il semble donc dans ce cas qu'il y ait dissymétrie dans la disposition des surfaces réfléchissantes.

» Ces couleurs ne sont pas altérables, mais l'humidification a pour effet de les faire varier momentanément.

» Par suite de l'indice de réfraction de la nature des lames formées, les colorations sont visibles sous un angle plus grand que dans le cas des colorations interférentielles obtenues par le procédé de M. Lippmann : la pellicule peut être détachée et transportée sur un support quelconque sans perdre ses propriétés.

» D'une manière générale, si l'on ne prend pas de précautions, on

---

(1) Si le cliché est insuffisamment poli et durci, il se produit un phénomène inverse : l'image ne s'atténue pas mais apparaît en positif (dans le cas d'un cliché négatif) et en relief. Dans ce cas, le traitement ultérieur donne plutôt des irisations et non des localisations de couleurs.

(2) Beaucoup d'autres réactifs sont susceptibles de précipiter de nouveau l'argent à l'état de lames : l'hydrogène sulfuré nous a donné les meilleurs résultats.

n'observe aucune relation entre la réalité et les nuances obtenues. On peut cependant provoquer la localisation de certaines colorations voulues. D'après mes observations, leur nature et leur intensité varient avec les épaisseurs des grains; elles semblent progresser du blanc au noir en passant par les nuances de l'arc-en-ciel, suivant une périodicité non encore déterminée.

» Il sera donc possible que, dans le cas d'une image dont les parties superficielles présentent des différences notables dans les épaisseurs, l'on puisse, pour ainsi dire, provoquer la localisation de certaines couleurs correspondant plus ou moins à la réalité. A l'appui de ces faits, je présente à l'Académie des Sciences plusieurs clichés positifs d'un même sujet et dans lesquels des colorations vertes, rouges et blanches se sont localisées de préférence sur les parties correspondantes et qui, dans ce cas particulier, sont de la verdure, des toits et des murs.

» Ces observations permettent donc d'acquérir la notion du rôle important que peut jouer, dans l'application du procédé, le degré d'orthochromatisme des plaques.

» En résumé, mes expériences démontrent :

» 1° Que l'on peut obtenir la solubilisation de l'image photographique dans la pellicule par divers réactifs;

» 2° Que cette image peut être reprécipitée à un état lamellaire susceptible de fournir des colorations variables suivant l'épaisseur de l'argent;

» 3° Que s'il n'existe aucune relation entre la réalité et les colorations obtenues, on peut provoquer la localisation de certaines nuances.

» L'ensemble de ces phénomènes inexpliqués jusqu'ici fait l'objet d'une étude actuelle. »

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur les borates métalliques*. Note de M. **L. Ouvrard**, présentée par M. Troost.

« L'acide borique normal $Bo(OH)^3$ doit se combiner avec trois atomes d'un métal monovalent quelconque; cependant, on ne connaît que bien peu de composés justifiant la tribasicité de l'acide borique.

» Parmi les borates minéraux tribasiques, il n'y a de bien défini que le borate de magnésie, $Bo^2O^3, 3MgO$, préparé par Ebelmen [1] en dissolvant

---

[1] Ebelmen, *Ann. de Chimie et de Physique*, 3e série, t. XXXIII, p. 50.

de la magnésie dans un grand excès d'anhydride borique fondu, qu'il laissait ensuite se volatiliser, par l'action prolongée de la chaleur dans un four à porcelaine. Il obtint ainsi des cristaux radiés d'aspect nacré, d'un éclat assez vif, inattaquables par l'eau, mais solubles dans les acides, et dans lesquels le dosage du métal le conduisit à admettre la formule citée plus haut.

» Le même procédé appliqué à d'autres métaux ne lui avait donné que des oxydes cristallisés, ou des combinaisons plus complexes, telles que $2Bo^2O^3, 3Cr^2O^3, 6MgO$ (1).

» Plus tard, Benedikt (2) en chauffant au creuset de platine un mélange d'une molécule de borate neutre de sodium et de deux molécules de soude, a obtenu par refroidissement une masse feuilletée, cristalline, à laquelle il a attribué la formule BoO^3Na^3, mais qui, reprise par l'eau, ne donnait que du métaborate BoO^2Na.

» Par la voie sèche, M. Ditte (3) a obtenu un certain nombre de borates cristallisés, mais dans lesquels le rapport de l'oxygène de la base à l'oxygène de l'acide ne dépassait pas $\frac{1}{2}$.

» D'autre part, quand on traite des solutions de sels métalliques par l'acide borique ou les borates alcalins, on n'obtient, en général, que des précipités amorphes, retenant des quantités d'eau variables, et dont les formules vont de $4Bo^2O^3, 3MO$ à $6Bo^2O^3, MO$.

» C'est surtout par les combinaisons organiques, principalement les éthers triméthylique et triéthylique obtenus d'abord par Ebelmen et Bouquet (4), étudiés ensuite par Schiff et Bechi et par M. Gasselin (5), que l'on a mis hors de doute la tribasicité de l'acide borique.

» Nous avons cherché à obtenir des borates tribasiques, cristallisés, en procédant par voie sèche.

» Quand on fait réagir l'anhydride borique ou les borates alcalins sur les chlorures métalliques fondus, on n'obtient guère que des composés chlorés, tels que les boracites, étudiées par MM. G. Rousseau et Allaire, ou le chloroborate de chaux décrit par M. Le Chatelier (6),

$$Bo^2O^3, 3CaO, CaCl^2.$$

---

(1) Voir à ce sujet Le Chatelier, *Comptes rendus*, t. CXIII, p. 1034.
(2) Benedikt, *Berichte d. chem. Gesell.*, t. VII, 700.
(3) Ditte, *Comptes rendus*, t. XXVII, p. 783 et 892.
(4) Ebelmen et Bouquet, *Ann. de Chim. et de Phys.*, 3e série, t. XVII, p. 54.
(5) Gasselin, *Ann. de Chim. et de Phys.*, 7e série, t. III, p. 17.
(6) Le Chatelier, *Comptes rendus*, t. XCIX, p. 276.

» Nous nous sommes alors adressé aux fluorures, car il résulte de nombreuses tentatives que nous avons faites, qu'il ne se forme jamais, à température élevée, de composés fluorés analogues aux boracites, le fluor, en présence d'anhydride borique en excès, disparaissant à l'état de fluorure de bore.

» L'action pure et simple de l'anhydride borique sur les fluorures ne donne pas de résultats bien satisfaisants, les fluorures métalliques étant pour la plupart insolubles et pas assez fusibles. Il y a avantage à opérer en présence d'un fondant permettant aux cristaux de se développer dans la masse. Nous avons eu alors recours aux fluorures doubles des métaux avec les alcalis, préparés au préalable, ou formés directement dans la réaction.

» Un des premiers borates tribasiques que nous ayons cherché à obtenir est le borate de cadmium, que l'on prépare de la façon suivante : on met dans un creuset de platine un mélange équimoléculaire de fluorhydrate de fluorure de potassium et d'anhydride borique, auquel on ajoute une molécule d'oxyde de cadmium. On chauffe doucement pendant quelque temps, puis on amène le mélange à fusion; il se dégage du fluorure de bore. Quand le dégagement gazeux a cessé et que la masse est en fusion tranquille, on laisse refroidir lentement. Le culot, repris par l'eau, se désagrège en laissant des aiguilles de borate tricadmique.

» On peut remplacer l'oxyde de cadmium par le chlorure, mais en ayant soin de ne pas en mettre un excès. L'acide fluorhydrique du fluorhydrate chasse, en effet, l'acide chlorhydrique pour donner un fluorure double, ainsi que l'a montré M. C. Poulenc ([1]). Tant que la quantité de chlorure ne dépasse pas une molécule pour une de chacun des deux autres composants, on n'obtient pas de boracite, dont il serait d'ailleurs facile de constater la présence, par son insolubilité dans l'acide chlorhydrique concentré et froid.

» Le borate tribasique de cadmium se présente sous forme de prismes de plusieurs millimètres de longueur, agissant vivement sur la lumière polarisée, et dont les extinctions se font à 9° de l'axe d'allongement.

» Ces prismes sont inattaquables par l'eau, même chaude, mais facilement solubles dans les acides étendus.

» Leur analyse a été conduite de la façon suivante : le borate étant dissous dans l'acide chlorhydrique étendu, le cadmium a été précipité par l'hydrogène sulfuré et dosé à l'état de sulfure, à la manière ordinaire.

([1]) C. Poulenc, *Ann. de Chim. et de Phys.*, 7e série, t. II, p. 15.

» La liqueur filtrée, traitée à froid par un courant d'hydrogène, jusqu'à disparition totale de l'excès de gaz sulfhydrique, a été saturée exactement par la soude diluée exempte de carbonate, puis additionnée d'un léger excès de chlorure de calcium et finalement évaporé à siccité dans un creuset de platine. Le résidu, après avoir été fondu en présence d'une quantité convenable de chlorure de sodium, a été ensuite repris par l'eau froide et l'acide borique isolé à l'état de borate de chaux, suivant les indications de M. Ditte (1).

» Nous avons encore exécuté ce dosage, après attaque au carbonate de potasse, par une méthode que nous décrirons d'ici peu.

» Les deux procédés nous ont donné des résultats tout à fait comparables, et qui conduisent à la formule Bo^2O^2, $3CdO$ (2).

» Dans une prochaine Communication, nous indiquerons les résultats que nous ont fournis les métaux de la série magnésienne. »

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur un nouveau procédé de dosage de l'aluminium.* Note de M. **Alfred Stock**, présentée par M. Henri Moissan.

« Quand on fait réagir un mélange d'iodure et d'iodate de potassium sur une solution d'un sel d'aluminium, il y a précipitation d'alumine hydratée, et la quantité correspondante d'iode est mise en liberté d'après la formule

$$Al^2(SO^4)^3 + 5KI + KIO^3 + 3H^2O = 2Al(OH)^3 + 3H^2SO^4 + 6I.$$

C'est une réaction qui commence à froid assez rapidement au début, mais qui n'est pas encore complète après plusieurs jours, surtout avec des solutions un peu étendues. Ainsi une solution renfermant 2 pour 100 d'alun, traitée par ce réactif, contenait encore après cinq jours 1 pour 100 de l'aluminium non précipité. La vitesse de la réaction peut cependant être accélérée, si l'on a soin d'éliminer l'iode mis en liberté dans la réaction au moyen de l'hyposulfite de soude, ou bien encore en effectuant la précipitation à chaud. En opérant au bain-marie, la réaction est complète en quelques minutes, et, en éliminant l'iode en même temps par l'hyposulfite,

---

(1) Ditte, *Comptes rendus*, t. LXXX, p. 490.

(2) Bo^2O^3, calculé : 17,25; trouvé : 16,88 et 16,70.
CdO, calculé : 82,75; trouvé : 82,91 et 82,53.

on peut l'utiliser avantageusement pour le dosage de l'aluminium. La précipitation est en effet totale, même en solution très étendue.

» Les méthodes généralement employées pour doser l'aluminium sont la précipitation par l'ammoniaque ou par l'hyposulfite de sodium. Dans le premier cas, on obtient un précipité très difficile à laver, et l'opération exige un temps très long; dans le second, il est vrai que l'alumine hydratée qui se produit est plus dense, se lave mieux, mais elle est toujours souillée d'une très grande quantité de soufre. Il n'en est plus de même avec le réactif que nous proposons, car non seulement, ainsi que nous l'avons dit plus haut, la précipitation est rapidement totale, mais encore le précipité se rassemble très bien et se lave avec la plus grande facilité.

» Nous décrirons le mode opératoire que nous avons adopté pour effectuer ce dosage. La solution dans laquelle on veut doser l'aluminium ne doit être ni alcaline, ni trop acide. S'il y a un grand excès d'acide, on en neutralise la plus grande partie par la soude. On ajoute un excès du réactif, formé d'un mélange à parties égales d'une solution de 25 pour 100 d'iodure et d'une solution saturée à froid de l'iodate, qui renferme 6 à 7 pour 100 de ce composé. Après cinq minutes, on décolore l'iode mis en liberté par une solution d'hyposulfite à 20 pour 100, et l'on ajoute un peu du mélange iodique pour être sûr d'en employer un excès. Après avoir ajouté un excès quelconque de l'hyposulfite (30 gouttes étaient toujours suffisantes) on chauffe au bain-marie pendant une demi-heure. On obtient un précipité floconneux qui se dépose facilement, que l'on jette sur un filtre en employant un entonnoir de Joulie, puis l'on traite comme dans la méthode de précipitation par l'ammoniaque.

» Par exemple : 20^{cc} d'une solution d'alun, dont le titre était déterminé par précipitation par l'ammoniaque, furent étendus de 100^{cc} d'eau, puis précipités par 14^{cc} du mélange iodique et traités comme nous venons de le dire. La précipitation était faite dans un vase de verre ordinaire. On lavait avec de l'eau chaude jusqu'à disparition de la réaction iodique; la filtration et le lavage exigeaient de vingt-cinq à trente minutes, la dessiccation du précipité à l'étuve à 110° durait deux heures. Les résultats obtenus sont les suivants :

	Employés Al^2O^3 (dosée par l'ammoniaque)	Trouvés Al^2O^3.	Différence.
	gr	gr	mgr
I	0,2078	0,2077	−1
II	»	0,2074	−4
III	»	0,2073	−5
IV	0,2033	0,2039	+6
V	»	0,2036.	+3
VI	»	0,2039	+6
VII	0,0260	0,0264	+4
VIII	»	0,0264	−4

» Les derniers dosages montrent nettement que la précipitation est complète, même

dans une solution très étendue. Le dosage n'est pas altéré par la présence de l'acide borique (les analyses VI et VII ont été faites avec des solutions renfermant $0^{gr},12$ et $0^{gr},06$ de B^2O^3), mais la méthode n'est pas applicable, lorsque la solution contient des acides tartrique ou oxalique.

» En présence de l'acide phosphorique, on obtient un précipité qui se rapproche sensiblement, après calcination, de la formule $2Al^2O^3 P^2O^5$. Si l'acide phosphorique en solution est en excès par rapport à cette formule, le précipité en renferme une quantité supérieure qui s'élimine lentement dans les lavages pour ne laisser finalement que la quantité d'acide phosphorique correspondant au phosphate $2Al^2O^3 P^2O^5$, produit final de la calcination.

» Lorsque l'on précipite l'alumine par l'ammoniaque en présence de sulfate, on sait que le précipité d'alumine hydratée retient toujours de l'acide sulfurique [1]. Un précipité, obtenu par l'addition du mélange d'iodure et d'iodate à une solution d'alun contenant $0^{gr},2078$ d'alumine, se dissolvait complètement dans l'acide chlorhydrique chaud sans donner le moindre louche avec le chlorure de baryum. Cependant, si la quantité de sulfate est notable, il peut y avoir entraînement d'acide sulfurique. Ainsi, dans une expérience où nous avions ajouté à la même quantité de solution d'alun 1^{gr} de sulfate de potassium, nous avons reconnu nettement dans le précipité la présence de l'acide sulfurique. L'absence complète du soufre dans les précipités que nous avons obtenus montre que ce n'est pas l'hyposulfite ajouté pour détruire l'iode qui complète la précipitation de l'alumine. On peut d'ailleurs en supprimer l'emploi si l'on chauffe pendant une heure et en employant, pour éviter le dépôt de l'iode, un réactif renfermant la quantité double d'iodure de potassium. On opère dans une capsule de porcelaine. Les résultats obtenus sont très satisfaisants, ainsi que le prouvent les chiffres suivants :

Employés Al^2O^3,	Trouvés Al^2O^3,	Différence
$0^{gr},2033$	$0^{gr},2033$	0
»	$0^{gr},2034$	$+1^{mgr}$

» En l'absence d'hyposulfite, le précipité est même plus dense encore et plus facile à laver; il se dépose presque instantanément. Malgré cela, nous recommandons, pour l'analyse pratique, d'employer l'hyposulfite de sodium, pour être certain qu'on a un excès du mélange iodique, et pour éviter les inconvénients de la filtration d'une solution chaude d'iode.

» Il résulte donc de nos essais, que le réactif formé par un mélange d'iodure et d'iodate de potassium se prête très bien à la précipitation de l'alu-

(1) Ce fait, que nous avons constaté dans tous nos essais, montre que l'on ne peut songer à utiliser les procédés alcalimétriques de dosage d'aluminium préconisés dans ces dernières années, notamment par MM. Ruoss (*Zeitschr. f. anal. Chemie*, 35, 143) et Vitali (*Boll. Chim. Farm.*, 1896, 385), lorsque les solutions renferment des sulfates, à plus forte raison pour le dosage de l'alun.

minium, et qu'il permet de réaliser avec rapidité et précision le dosage de ce métal, dosage jusqu'ici assez long et assez délicat. Nous avons observé, en outre, que ce même réactif donnait aussi d'excellents résultats pour la détermination quantitative du fer. Nous poursuivons nos essais dans le but de rechercher si d'autres métaux peuvent également être dosés par ce procédé. »

ZOOLOGIE. — *Sur la faune halophile de l'Auvergne.* Note de MM. C. **Bruyant** et **A. Eusébio**, présentée par M. Edmond Perrier.

« Le département du Puy-de-Dôme compte parmi les plus riches en eaux minérales : il possède, en effet, une centaine de sources autorisées, et ce chiffre serait certainement triple si l'on faisait mention des pointements encore inexploités.

» Lorsque les eaux ont été libres de s'épancher à la surface du sol, elles l'ont recouverte, parfois sur une étendue considérable, d'un travertin caractéristique qui constitue un substratum particulier pour le développement de la flore et de la faune.

» C'est ainsi que Delarbre signalait déjà en 1796 l'existence de plantes maritimes au bord de certaines sources d'Auvergne. Lecoq (1854), Gonod d'Artemare (1856), Lamotte (1877), le frère Héribaud surtout (1878) insistent sur cette association végétale des sources minérales et des marais salés (1).

» La florure halophile de l'Auvergne est actuellement établie ainsi qu'il suit (2) :

» Plantes exclusives : *Spergularia marginata* Bor., *Spergularia salina* Orest., *Lotus tenuis* Kit. var. *crassifolius*, *Trifolium maritimum* Huds., *Apium graveolens* L., *Taraxacum leptocephalum* Rchb., *Glaux maritima* L., *Triglochin maritimum* L., *Atriplex hastata* L. var. *salina* Walv., *Beta maritima* L., *Plantago graminea* Lam. var. *maritima* G. G., *Juncus Gerardi* Lois., *Scirpus maritimus* L., *Glyceria distans* Wallr., *Polypogon Monspeliense* Desf., *Agrostis alba* Schrad. var. *maritima* Lam., *Hordeum maritimum* With.,

(1) M. H. du Buysson a également signalé la *Flore des marais salés du département de l'Allier* (*Ann. Soc. d'Hort. de l'Allier*; 1885).

(2) Héribaud, Les *Muscinées d'Auvergne*. Ouvrage couronné par l'Académie des Sciences, 1899.

Chara crinita Walr. var. *brevispina* Braun, *Pottia Heimii* Br., *Amblystegium compactum* C. Muell.

» Plantes préférentes : *Lepidium latifolium* L., *Lepidium ruderale* L., *Melilotus parviflora* Desf., *Bupleurum tenuissimum* L., *Triglochin palustre* L., *Scirpus maritimus* L., *Carex disticha* Huds., *Trichostomum tophaceum* Brid., *Eucladium verticillatum* Br.

» Les découvertes des botanistes nous ont engagés à rechercher si dans le domaine zoologique, il n'existerait point une localisation analogue. Nos études ont porté jusqu'ici sur les régions très caractéristiques de Saint-Nectaire, de Sainte-Marguerite et de Médagues.

» Les sources de Saint-Nectaire sont disséminées au nombre de plus de quarante, sur les deux rives d'un ruisseau, le Courançon, qui coule dans une étroite et profonde vallée, à une altitude d'environ 780^{m}. Tout en différant considérablement de température, ces sources présentent une certaine uniformité de composition. Au pied du Plateau de Corent, bien connu des géologues, une boucle de l'Allier délimite une terrasse peu élevée : c'est là que sourdent de nombreux pointements connexes de ceux de Sainte-Marguerite, situés sur la rive opposée (altitude : 345^{m}). Enfin les eaux de Médagues jaillissent sur la rive droite de l'Allier à quelque distance du village de Zoze. Certaines d'entre elles, non encore captées, laissent déposer de nombreuses couches qui surélèvent de plus en plus leur niveau et donnent abri à une nombreuse population animale (altitude, 300^{m}).

» Les analyses de Truchot assignent à ces différentes sources la composition suivante ;

	Sainte-Marguerite. Source du Saladis.	Saint-Nectaire.	Médagues. Source des Graviers.
Acide carbonique libre	1,009	0,910	0,510
Bicarbonate de sodium	2,461	2,954	1,374
» potassium	0,227	0,340	0,310
» calcium	0,979	0,488	1,867
» magnésium	0,777	0,275	0,924
» fer	0,040	0,020	0,015
Sulfate de sodium	0,191	0,170	0,248
Chlorure de sodium	2,246	2,589	1,048
» lithium	0,040	0,023	0,030
Silice	0,112	0,140	0.072
Matières organiques	traces	traces	traces
Total { Non compris l'acide carbonique libre.	7,073	6,999	5,888
Total { Y compris l'acide carbonique libre.	8,082	7,909	6,398

» A côté des formes ubiquistes, qui se rencontrent sur les terrains salés comme ailleurs, nous avons recueilli les espèces caractéristiques suivantes, les unes terrestres, les autres aquatiques [1] :

Amara erythrocnemis Zim.	*Bledius spectabilis* Kr.
Pogonus halophilus Nic.	*Bledius* sp.
Philydrus halophilus Bed.	*Cyclonotum hispanicum* Kust.

» Cette faunule peut paraître assez pauvre : mais il faut remarquer que le champ de développement des espèces halophiles est en réalité très restreint. Il y a lieu, d'autre part, d'établir une distinction entre la faune et la population animale. Il ne s'agit point ici, sauf pour l'*Amara erythrocnemis*, de captures isolées. Le *Pogonus halophilus* est extrêmement commun sur le plateau de Sainte-Marguerite, le *Cyclonotum hispanicum* abonde sous les détritus à demi incrustés, au bord des eaux de Médagues et de Saint-Nectaire; enfin le *Philydrus halophilus* n'est rare ni à Médagues, ni à Saint-Nectaire. Il semble donc que ces espèces trouvent auprès de nos eaux minérales des conditions d'existence tout aussi favorables qu'au bord de la mer [2].

» Les espèces citées appartiennent à la série des espèces maritimes que Valery-Mayet considère comme *inféodées* à la constitution chimique du terrain : « on dirait qu'elles ont besoin de sel marin. D'autres, au contraire, » sembleraient ne rechercher dans les terrains salés que sa constitution physique ». (*Cicindela littoralis, Scarites arenarius,* etc.) Nos recherches ne sont pas encore assez nombreuses pour nous permettre de donner l'énumération de ces formes préférentes. La question se pose d'ailleurs, de déterminer autant que possible l'influence de la constitution chimique du sol sur l'organisme et d'examiner si les espèces ubiquistes ne présentent pas de races halophiles. Nous espérons que les études ultérieures fourniront quelques indications à cet égard et qu'elles grossiront aussi sensiblement la liste des espèces typiques.

» Quoi qu'il en soit, nous pouvons affirmer, dès maintenant, qu'il existe en regard de la florule halophile, une faunule halophile, bien délimitée et caractéristique de nos eaux minérales. Au point de vue général, il peut

---

(1) Ces espèces, dont la détermination a été contrôlée par un de nos collègues de la Société Entomologique de France, sont nouvelles pour la faune du centre (sauf *Cyclonotum hispanicum*).

(2) D'ailleurs quelques-unes d'entre elles sont déjà signalées comme se rencontrant dans les terrains salés éloignés de la mer.

paraître intéressant de rapprocher cette *formation* halophile, de la formation obscuricole qui fait l'objet des travaux de Viré, et de la formation alpine que l'un de nous a étudiée en Auvergne. »

BOTANIQUE. — *Sur les téguments séminaux de quelques espèces du genre* Impatiens *L.* Note de M. **Camille Brunotte** (¹), présentée par M. L. Guignard.

« Dans une Note à l'Institut (²), j'ai montré la différenciation si prononcée qui caractérise l'embryon de l'*Impatiens noli-tangere,* chez lequel la racine primaire est totalement avortée et remplacée par des racines adventives naissant de très bonne heure dans l'embryon. D'un travail publié par Hermann (³) il résulte que, chez *I. Sultani,* il ne se forme pas de racines adventives dans l'embryon jeune. Ces deux faits prouvent évidemment que les graines de ces plantes sont différemment constituées chez des espèces voisines, et il m'a paru intéressant de rechercher si, dans les téguments qui enveloppent l'embryon, il existait, ou non, une similitude de structure.

» De nombreuses observations relatives à la structure et au développement des téguments séminaux ont été faites, et les connaissances acquises sur cette question sont déjà très étendues (⁴).

» Les graines étudiées dans cette Note appartiennent aux espèces suivantes : *Impatiens Balsamina* L., *I. Roylei* Walp., ou *glanduligera* Royle, *I. scabrida* D. C., ou *tricornis* Lindl. (également désignée sous les noms de *I. cristata* et *I. calycina* Wall.), *I. parviflora* D. C., *I. noli-tangere* L., *I. Sultani* Hoock, *I. longicornis* Wall., ou *leptoceras* D. C., et enfin *I. auricoma,* nouvellement introduite des Iles Comores.

» Chez *I. noli-tangere,* la seule appartenant réellement à notre flore de France, le tégument interne, lors de la complète maturité de la graine, est à peu près résorbé, ainsi que l'albumen. L'assise protéique décrite chez *I. parviflora* par M. Guignard existe aussi chez *I. noli-tangere.* Les téguments mûrs sont constitués par plusieurs assises de cellules allongées au milieu desquelles se trouvent des paquets énormes de raphides. L'assise externe des téguments est différenciée; un certain nombre de ses

---

(¹) Travail fait à l'École supérieure de Pharmacie de Nancy.

(²) C. Brunotte, *Comptes rendus,* 1896.

(³) W. Hermann, *Untersuchung der Gattung Impatiens.* Freiburg-i.-B., 1886.

(⁴) Voir travaux de Strandmarck, Lohde, Chatin, Chalon, Fickel et Höhnel, Le Monnier, Koch, Haulein, Gressner, Schumann, Nobbe, Gunther Beck, J. Godfrin (1880), Brandza (1891), Guignard (1893).

éléments sont transformés en petites papilles. Quelquefois, deux papilles seulement adossées forment une petite élevure à peine visible; d'autres fois, un certain nombre de ces cellules élevées forment une bande plus ou moins large constituant de petites saillies à la surface du tégument. Les cellules ainsi différenciées sont des prismes à base polygonale, à parois épaissies et creusées par des ponctuations assez larges. Chez cette espèce, les papilles restent toujours de petites dimensions.

» Les téguments de la graine de l'*I. parviflora*, déjà décrits par M. Guignard, sont ceux qui se rapprochent le plus comme structure des téguments décrits ci-dessus. Trois ou quatre assises cellulaires se rencontrent ici aussi, et l'assise protéique, reste de l'albumen, est très visible. Les papilles de la surface externe ont la forme d'un cône plus ou moins régulier, à base presque circulaire; sa hauteur est variable. Les parois épaissies de ces cellules, très fortement ponctuées, paraissent percées d'ouvertures régulières, d'égales dimensions et arrondies. Ces papilles, disposées en lignes, constituent, à la surface du tégument, non plus, comme précédemment, de petites saillies disposées sans ordre, mais des crêtes régulières longitudinales, très développées surtout dans la région voisine du sommet radiculaire de l'embryon.

» Chez *I. Balsamina*, où M. Brandza a décrit : 1° un épiderme externe avec corpuscules spéciaux caractérisant l'espèce, 2° un parenchyme à raphides, 3° une série d'assises complètement écrasées, 4° un épiderme interne à cellules tabulaires entourant l'embryon, on trouve des formations épidermiques nettement différenciées et désignées sous le nom de « poils globuleux cellulaires » ou « corpuscules ». L'épiderme externe est formé de cellules à parois sinueuses au milieu desquelles proéminent ces poils qui portent des bandes lignifiées à leur surface. Quant au parenchyme à raphides, il est constitué par de nombreuses rangées de cellules allongées radialement. L'assise de cellules écrasées correspond au tégument interne en partie résorbé et l'assise désignée sous le nom d'épiderme interne n'est autre que l'assise protéique, reste de l'albumen. Les parois de cette assise sont fortement épaissies sur les faces externes et latérales.

» Chez *I. auricoma*, les téguments, plus résistants que ceux des espèces précédentes, sont cependant moins épais. Sous l'assise épidermique externe on ne trouve qu'une rangée de cellules, rarement deux. L'assise correspondant au tégument interne est ici totalement résorbée. Les raphides existent encore abondants et la couche cellulaire protéique est assez épaisse. Les cellules extérieures de l'épiderme ont des bandes d'épaississement, mais, alors que chez les espèces précédentes ces bandes sont peu nombreuses, ici elles forment, au contraire, un réseau très compliqué; de plus, les proéminences épidermiques volumineuses ont la forme d'un cône allongé creux, la base est insérée au milieu de cellules réticulées à parois épaisses et disposées en rayonnant. Le poil est ainsi porté sur une petite proéminence, et, vu de face, il paraît entouré à la base par une étoile brunâtre formée par les membranes cellulaires colorées.

» Chez *I. Sultani*, les téguments présentent une différenciation encore bien plus grande. Deux assises cellulaires seulement visibles constituent à elles seules les téguments de la graine mûre. Le tégument interne est très réduit; en revanche, l'assise qui constitue l'épiderme est très résistante. Toutes ses cellules réticulées ont les parois très épaisses. Par place, plusieurs cellules réticulées se réunissent pour former une masse saillante du milieu de laquelle s'élève un poil volumineux dont la base se ter-

mine en une pointe mince. Ce poil s'étale, dès sa sortie des cellules épidermiques qui l'entourent, en une sorte de coupe portant la portion libre du poil. Des bandes d'épaississement très nombreuses existent sur la membrane de cette cellule, dont le contenu est huileux dans le jeune âge. Hermann, en signalant la présence de ces poils chez *I. Sultani*, admettait que de pareilles formations ne se rencontraient nulle part ailleurs. On sait, dès maintenant, que ces poils existent chez d'autres espèces.

» Chez *I. Royli* ou *glanduligera*, les cellules épidermiques des téguments de la graine, d'après M. Brandza, sont cubiques et surmontées chacune d'une petite proéminence sphérique. Le simple examen d'un lambeau détaché des téguments de la graine, convenablement décoloré, permet de constater l'erreur commise par cet auteur. Vues de face, ces cellules présentent un contour nettement sinueux; elles ont un fort réseau d'épaississement. Une section transversale des téguments montre que ces cellules ont la forme d'un cône court dont la base, au lieu d'être circulaire, serait comme rongée sur les bords. Les parois sont munies d'épaississement en réseau et la proéminence du sommet est due aussi à un épaississement de la membrane. Sous la première assise extérieure décrite ci-dessus, se trouvent quatre à cinq rangées de cellules constituant le tégument interne. Ces cellules ovoïdes présentent parfois des ponctuations. Quant au tégument interne, il est ici réduit à une assise de cellules dont on ne perçoit plus les cavités, et l'assise protéique persiste jusqu'au moment de la germination de la graine.

» Chez les autres espèces étudiées dans cette Note, les téguments sont peu compliqués comme structure. Les cellules extérieures, surtout chez *I. scabrida*, sont presque toutes semblables, sauf dans la région radiculaire où elles deviennent un peu saillantes. Elles se réunissent en certains endroits pour former un petit mamelon sphérique simple, mais qui ne présente jamais de formations pileuses. Sous cette assise externe, le tégument comprend deux couches de cellules seulement; quant au tégument interne, il est à peine visible. Une couche de cellules cubiques représente ici encore l'albumen non complètement digéré.

» Si, à ces observations, on compare les connaissances acquises antérieurement sur les téguments des graines, on reconnaît qu'il existe une grande variabilité de structure dans les téguments séminaux à la maturité, non seulement chez les graines de plantes appartenant à une même famille, mais chez des plantes d'un même genre et d'espèces très voisines. Il est vrai que cette variabilité, en ce qui concerne les espèces de Balsamines étudiées, porte surtout sur les régions externes, qui, seules, paraissent subir des modifications dues à une adaptation spéciale. L'écrasement à la maturité de la graine, du tégument interne, paraît être un fait constant ainsi que la présence des raphides et du mucilage, si abondants d'ailleurs dans tous les tissus de l'appareil végétatif des *Balsaminées*.

» Si l'on se rappelle les modifications profondes que l'embryon lui-même subit dans diverses graines de Balsaminées, on est forcé de reconnaître tout l'intérêt qui s'attache à la fois à l'étude approfondie de ces

graines et à celle de l'embryon jeune et de l'appareil végétatif auquel il donne naissance. Cette question a fait l'objet de recherches qui seront publiées prochainement. »

GÉOLOGIE. — *Sur la Géologie de la Chine méridionale.* Note de M. **Leclère**, présentée par M. Michel-Lévy.

« La mission que je viens d'accomplir au Tonkin et dans la Chine méridionale, du 5 décembre 1897 au 15 juillet 1899, m'a permis d'effectuer une exploration géologique complètement nouvelle, d'environ 6000^{km}, qui permettra de relier la géologie du Tonkin aux travaux classiques de M. de Richtofen et de M. Loczy. Mon voyage comble ainsi la lacune qui existait au point de vue de la description géologique entre l'Indo-Chine et l'Asie centrale. J'ai parcouru les régions les plus importantes du Yun-Nan, la bordure méridionale de Se-Tchouen, puis j'ai traversé le Kouei-Tcheou et le Kouang-Si. J'ai suivi en premier lieu les bords du fleuve Rouge, entre Hai-Phong et Lao-Kay, en utilisant les travaux de construction des routes. Autour de Lao-Kay et ensuite autour de Mong-Tze, j'ai exploré la région qui doit être traversée par le futur chemin de fer du Yun-Nan. De Mong-Tze, je me suis rendu à Yun-Nan-Sen par A-Mi-Tcheou, Mi-Leu-Chien et Lou-Nan-Tcheou. Après avoir étudié les environs de Yun-Nan-Sen, je me suis rendu à Ta-Li-Fou par Tong-Tchouan, Houi-Li-Tcheou et Iun-Pe-Ting. Mes observations dans cette région concordent complètement avec celles de M. Loczy.

» Revenu de Ta-Li-Fou à Yun-Nan-Sen, je me suis rendu à Kouei-Yang par Chin-I-Fou et Tchen-Lin. Grâce au concours des autorités chinoises, j'ai pu passer du Kouei-Tcheou au Kouang-Si. Je suis enfin revenu de Kouei-Lin à Hanoï par Liou-Tchou, Nan-Ning et Lang-Son. Tout ce voyage s'est effectué entièrement par voie de terre jusqu'à Nan-Ning. J'ai été accompagné par M. le vicomte de Vaulserre, à partir de Ta-Li-Fou, et par M. G. Monod, de Yun-Nan-Sen à Kouei-Yang. M. Monod s'est rendu ensuite à Tchong-King.

» Sur la demande de M. le Ministre des Colonies, le Service de la Carte géologique de France a été chargé de la détermination des échantillons que j'ai rapportés. L'examen des roches cristallines a été fait par MM. Michel Lévy et Lacroix. Les études paléontologiques ont été faites par MM. Douvillé et Zeiller, avec le concours de M. Cayeux. Des analyses chimiques ont été faites sous la direction de M. A. Carnot.

» Sauf les déplacements locaux des parties supérieures des voussoirs, la contrée comprise entre le fleuve Bleu et le Tonkin forme une région tabulaire affaissée par gradins parallèles bien après l'époque liasique. Les gradins sont étagés depuis l'altitude de 100^m, qui est celle du Culm au centre du Kouang-Si, jusqu'à celle de 3000^m que le même horizon occupe sur les bords du fleuve Bleu. Un immense massif de mélaphyres, interstratifié à la base du système carboniférien, forme le Horst, à partir duquel s'est effectué l'affaissement, et détermine le rebroussement du fleuve Bleu vers l'est.

» Toutes les grandes lignes d'affaissement sont parallèles au système du Khin-Gan. Déjà reconnu dans la Chine septentrionale et centrale par MM. de Richthofen et Loczy, ce système se prolonge sur plus de 20° en longitude. L'arête du grand Khin-Gan notamment, franchie par le fleuve Bleu auprès d'I-Tchang, détermine un affaissement de 1000^m entre le Kouei-Tcheou et le Kouang-Si, puis passe entre Nan-Ning et Lang-Son, et vient former la côte du Tonkin, où elle est interceptée par un autre faisceau de fractures miocènes, qui enserrent le cours du fleuve Rouge.

» Toutes ces observations sont fondées sur un levé topographique détaillé fait par M. le vicomte de Vaulserre, qui m'a accompagné à ses frais pendant sept mois.

» Il importe de signaler que le système du Khin-Gan concorde complètement avec la direction de l'axe d'effondrement tracé *a priori* sur l'Asie Orientale, dans le Mémoire publié en 1898 par M. Michel-Lévy.

» Le passage même du grand cercle des Andes est tracé, dans la boucle du fleuve Bleu, par des dykes de syénite à néphéline.

» La série des formations sédimentaires comprend :

» 1° Le système archéen avec schistes, quartzites et phyllades, le tout souvent granitisé;

» 2° Le système dévonien, peu développé;

» 3° Une formation calcaire d'une immense étendue, contenant à sa base un horizon du Dévonien supérieur, puis des grès et schistes avec houille, et ensuite des horizons nettement carbonifériens, permiens et même triasiques;

» 4° Un Trias proprement dit, composé d'argiles et de grès bariolés, salifère et gypsifère, avec cargneules;

» 5° L'étage rhétien du Tonkin, surmonté par un calcaire dolomitique;

» 6° Des bassins lacustres miocènes et quartenaires. »

PALÉONTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur quelques plantes fossiles de la Chine méridionale.* Note de M. R. Zeiller, présentée par M. Michel-Lévy.

« M. Leclère, ingénieur en chef au Corps des Mines, ayant été chargé en 1898-1899 par le Ministère des Colonies d'une mission d'étude dans les provinces méridionales de la Chine, a recueilli sur quelques-uns des gîtes charbonneux de la région par lui explorée un certain nombre de plantes fossiles, dont l'examen m'a été confié par le Service de la Carte géologique et m'a permis de fixer l'âge des dépôts d'où elles proviennent.

» On sait par les travaux de MM. F. von Richthofen et L. von Loczy que la Chine renferme de nombreux gîtes de charbon, d'importance inégale, appartenant les uns au terrain houiller, les autres à la portion inférieure ou moyenne du terrain jurassique; mais on ne possédait à cet égard que des données fort incomplètes sur les provinces méridionales, en particulier sur le Yun-Nan, qui n'avait pour ainsi dire pas été exploré; aussi paraît-il intéressant de faire connaître les renseignements fournis par les échantillons qu'a rapportés M. Leclère.

» La plupart des gîtes sur lesquels il a pu récolter des empreintes végétales appartiennent à la deuxième catégorie, c'est-à-dire à l'époque secondaire. Je les passerai successivement en revue :

» 1° Taï-Pin-Tchang, sur la limite du Yun-Nan et du Se-Tchouen, à l'est de Young-Peï-Ting. J'ai reconnu, dans la belle série d'empreintes recueillie en ce point par M. Leclère, d'abord les espèces suivantes de Fougères : *Cladophlebis Rœsserti* Presl (sp.); *Ctenopteris* n. sp., identique à une espèce encore inédite du Tonkin, à très grandes pinnules, rappelant quelque peu le *Nilssonia Blasii* Brauns; *Tæniopteris* n. sp., à frondes simples, à nervures épaisses, analogue au *Tæn. immersa* Nathorst; *Glossopteris indica* Schimper, représenté par des frondes à nervation pauciaréolée tout à fait semblable à celle que j'ai observée sur certains échantillons de l'Inde, provenant du South Rewah; *Dictyophyllum exile* Brauns (sp.); *Clathropteris platyphylla* Gœppert; et, parmi les Cycadinées, un *Pterophyllum* à folioles assez larges, tronquées à leur sommet, affine d'une part au *Pt. longifolium* Brongniart du Keuper, d'autre part à certaines espèces des couches indiennes de Rajmahal; *Anomozamites inconstans* Brauns (sp.); et enfin deux petits fragments de frondes qui, bien qu'assez incomplets,

me semblent devoir être rapportés sans hésitation au *Ptilophyllum acutifolium* Morris, des Upper Goudwanas de l'Inde.

» L'ensemble de ces formes, comprenant à la fois des espèces du Rhétien d'Europe, des espèces du Trias et des espèces du Lias de l'Inde, conduit à rapporter le gisement charbonneux de Taï-Pin-Tchang à l'étage rhétien, de même que ceux de Hon-Gay et de Ké-Bao au Tonkin, avec lesquels il présente une remarquable similitude de flore.

» 2° Mi-Lo-Ch'ien, dans l'est du Yun-Nan, entre Kouang-Si-Tchéou et Tcheng-Kiang. Les schistes recueillis dans cette localité ne m'ont offert que de menus débris végétaux, parmi lesquels j'ai pu cependant reconnaître des lambeaux de frondes d'un *Tœniopteris*, ainsi que d'un *Dictyophyllum* probablement identique au *Dict. exile*.

» 3° Kiang-Ti-Ho, à la limite commune du Yun-Nan, du Koeï-Tchéou et du Kouang-Si. Les plaques de grès micacé rapportées de ce gisement par M. Leclère renferment une Pécoptéridée à nervation indistincte, mais ressemblant beaucoup comme contour au *Cladophlebis Rœsserti*, le *Glossopteris indica*, et des lambeaux de frondes très incomplets, mais qui, d'après les crénelures de leurs bords, comme d'après ce qu'on peut discerner de leur nervation, semblent devoir être rapportés au *Clathropteris platyphylla*.

» 4° Tchong-King, dans la région orientale du Se-Tchouen, sur le Yang-tse-Kiang. M. Monod, attaché à la mission, a rapporté de Tchong-King des schistes renfermant des empreintes de folioles détachées de *Podozamites distans* Presl (sp.).

» Ces quatre localités paraissent ainsi correspondre par leur flore aux gisements du Tonkin et pouvoir être classées, les unes et les autres, dans l'étage rhétien. Il n'est pas sans intérêt de constater dans ces gisements de la Chine méridionale, comme dans ceux du Tonkin, la présence du genre *Glossopteris*.

» Le terrain houiller se montre, d'ailleurs, dans le sud de la Chine, car M. Leclère a recueilli des échantillons non douteux de *Stigmaria ficoides* à Siao-Choui-Tsin, à l'extrémité sud du Se-Tchouen, à l'ouest de Toung-Tchouan.

» Il a récolté, en outre, non loin de cette dernière ville, à La-Kou, dans le Yun-Nan, des empreintes susceptibles d'être considérées comme des organes appendiculaires de *Stigmaria*, mais trop incomplètes et trop mal conservées pour qu'il soit possible de les déterminer avec certitude et d'affirmer, d'après cette seule indication, l'existence du terrain houiller sur ce point.

» Enfin, je mentionnerai, comme offrant encore des restes de végétaux fossiles, des tufs, vraisemblablement quaternaires, recueillis les uns à Tche-Ngan-Tchaï, près de Mon-Tse, dans le sud du Yun-Nan, et renfermant des feuilles de *Ficus;* les autres à Lou-Meï-Ye, dans le Yun-Nan oriental, non loin de Kouang-Si-Tchéou, renfermant de petites feuilles ovales qui, d'après les recherches que j'ai faites dans l'herbier du Muséum et pour lesquelles M. Franchet a bien voulu me prêter le secours de sa parfaite connaissance de la flore chinoise, paraissent devoir appartenir à une Éricinée, peut-être à un *Rhododendron* ou à un *Agapethes,* sans qu'il ait été possible toutefois d'arriver à une détermination précise. »

GÉOLOGIE. — *Sur la structure de la portion méridionale de la zone du Briançonnais.* Note de M. **W. Kilian**, présentée par M. Marcel Bertrand.

» Lorsque l'on quitte la zone du Piémont, occupée par les schistes lustrés avec leur cortège de roches vertes, aux assises uniformément inclinées vers l'ouest et dont les plis sont, d'une façon constante, déjetés vers l'Italie, pour se diriger vers l'ouest, on traverse la partie des chaînes intra-alpines qu'entament les profondes vallées du Guil, du Cristillan, d'Escreins et de la Haute-Ubaye; cette région très accidentée présente les éléments tectoniques suivants :

» A. Un faisceau de plis encore *déversés vers l'Italie,* mais dans lequel apparaissent les assises du Trias *briançonnais* (calcaires, quarzites, etc.) formant des anticlinaux à *pendage ouest* que séparent des *synclinaux de schistes lustrés* (Villargaudin, col Girardin, Tête de Miéjour, etc.). En profondeur, les coupures des vallées font affleurer de larges plis de quartzites (Trias inférieur) également déjetés vers l'est (le Véger, la Blachère, etc.). Cette structure, très uniforme, se poursuit depuis le col Izoard, par Villargaudin, Souliers, le Sommet-Bucher, le col Fromage, Ceillac, la Haute-Ubaye, col Tronchet, lac du Paroird, Tête de Miéjour, col Mary, jusqu'en Italie où M. Franchi l'a récemment décrite près du Col de Maurin et de la Chiapiera.

» B. Un faisceau remarquable par la multiplicité de petits synclinaux serrés, aigus, *droits* ou faiblement inclinés qui comprennent du Jurassique supérieur, des schistes marbreux jura-crétacés [1] et du flysch. Ces plis se poursuivent avec une grande ré-

[1] Ces schistes marbreux passant fréquemment par la base au calcaire rouge de Guillestre (Jurassique supérieur) et, par leur sommet, aux dépôts éocènes, prennent un grand développement au voisinage de Larche; M. Franchi a rencontré non loin de la frontière (près du col del Mulo) des fossiles crétacés (*Actéonelles*) dans cette formation, et a démontré que les fossiles décrits par Meneghini, Neumayr et Michelotti comme provenant du col de Chaberton ont été en réalité recueillis aux environs de

gularité de Furfaude et du Guil à la Varaita par l'aiguille de Ratier, la haute région entre le pic de Guillestre et le col de Bramousse, la Saume, la Main de Dieu, Panestrel et Font-Sanete, les aiguilles de Chambeyron, puis s'infléchissent vers le sud-est en Italie et longent la frontière (ouest de la Chiapiêra, Rocca Blancia) jusqu'au nord-est du col du Roburent. Ce faisceau représente la *partie axiale d'un grand éventail* composé, suite incontestable de l'éventail du Briançonnais septentrional et de la Maurienne.

» C. Dès le bord occidental du faisceau précédent, *les plis se couchent franchement vers la France* et c'est à cette nouvelle bande que se rattachent quelques-uns des grands *plis couchés* qui forment les « nappes » signalées plus au nord par MM. Termier, Lugeon, Haug et l'auteur de ces lignes. Comme on peut le constater notamment à l'est du col de Moussière et dans le vallon de la Valette (pour la « nappe » de La Roche-Champulla), (3e écaille de Termier) cette disposition se continue vers Guillestre et les plis étirés et nettement déversés vers l'ouest se couchent et s'empilent d'une façon curieuse; plusieurs d'entre eux (flanc ouest de la crête de Catinat, roc de Saphie) ont notablement dépassé l'horizontale et sont *reployés en véritables voûtes;* leurs charnières plongent vers la vallée de la Durance par-dessus les plis plus extérieurs beaucoup plus réguliers dont les séparent des *lames synclinales de flysch* (Le Gros, est de Saint-Crépin) également ployées en voûtes.

» La structure de ce faisceau se simplifie vers le sud; les grands plis couchés (ou *nappes*) diminuent successivement d'importance; encore très nets au sud de Vars, ils *disparaissent* près du col de Serenne; dans le massif de Saint-Ours les anticlinaux sont simplement déversés vers l'ouest et au nord-est de Larche (Oronaye), c'est un anticlinal *droit* à noyau permien qui semble représenter seul ce faisceau.

» D. La *zone du flysch* dont les plis sont également déjetés vers l'ouest et dans laquelle les terrains secondaires n'apparaissent qu'en minces *lames anticlinales* étirées, laminées et fréquemment *charriées* avec le flysch qui les enveloppe (observations faites en commun avec M. Em. Haug).

» Au sud de la Durance, en voit successivement plusieurs anticlinaux de la bande C *s'ennoyer* dans le flysch [sud du Plan de Phazy (1), vallon de Serenne, etc.] et il y a tout lieu de croire que la *zone du flysch* comprend, vers Larche, une partie du faisceau précédent (C) dont les plis extérieurs s'y continuent, mais ne font plus, par suite de l'abaissement de leurs axes, apparaître qu'exceptionnellement leur noyau mésozoïque.

» D'après ce qui précède, la zone du Briançonnais est solidaire de la zone du flysch comme elle l'est de la zone des schistes lustrés; elle offre très nettement, au sud de la Durance, *une structure en éventail composé*. Les branches occidentales de cet éventail, couchées et empilées en *nappes* au nord, c'est-à-dire dans le voisinage du Pelvoux, s'étalent et *s'ennoient*

Bersezio dans des marbres appartenant à cet ensemble (*Com. geol. d'Italia*, t. II, p. 45; 1894).

(1) Kilian et Haug, *Comptes rendus*, 7 août 1899.

dans le flysch plus au sud, où elles occupent plus de place et prennent la forme de grands plis-failles inverses charriés vers l'ouest.

» La partie axiale, avec ses synclinaux jura-crétacés multiples et serrés, se continue normalement jusque dans le bassin de la Maira et de la Stura (Italie).

» Les branches orientales, plus régulièrement isoclinales, comprennent les schistes lustrés de la zone du Piémont.

» Ces constatations suggèrent des comparaisons intéressantes. Les travaux qui ont eu pour objet les principaux massifs cristallisés de nos Alpes ont montré que ces massifs centraux ne représentent souvent que les *racines* décapées de plis multiples qui devaient atteindre vraisemblablement un développement considérable, se couchaient, s'empilaient et affectaient, ainsi que l'ont démontré les belles recherches de MM. M. Bertrand et Ritter, la série complète des assises sédimentaires. C'est ainsi que M. Termier a fait voir dans une remarquable étude que le massif du Pelvoux comprend les racines d'une série de plis très aigus, que ce savant a en partie reconstitués ([1]), qui formaient un important faisceau déversé vers l'ouest et que rien ne s'oppose à considérer comme la partie profonde d'un immense éventail dont les racines, uniformément déjetées vers l'ouest, pouvaient correspondre à des plis plus épanouis et divergents dans leur portion haute.

» Il est facile de rétablir, d'après les coupes transversales de la zone du Briançonnais au sud de la Durance ([2]), en tenant compte de l'épaisseur probable des diverses assises et du fait que les couches superficielles affectent souvent, en raison de la plasticité plus grande de certaines assises, des formes de plissement différentes (soit plus compliquées, soit plus simples) de celles des couches profondes, la forme probable du noyau cristallin qui doit exister en profondeur au droit de cette zone. On obtient ainsi un ensemble qui, malgré sa symétrie plus grande, est fort analogue à celui que devaient présenter la plupart de nos massifs centraux et, en particulier, à ce que devait être le Pelvoux avant que l'érosion, après avoir fait disparaître la plus grande partie des dépôts qui recouvraient les schistes cristallins et le granite, eût profondément décapé et entamé ces derniers ([3]).

» *La zone du Briançonnais peut donc être considérée comme l'axe d'un*

([1]) *Bull. Soc. Géol. de France*, 3e série, t. XXIV, p. 752, *fig.* 10; 1896.

([2]) Ces profils, que j'ai relevés avec soin, seront prochainement publiés.

([3]) Voir la *figure* donnée par M. Termier (*loc. cit.*, *fig.* 10).

massif central en éventail composé, encore pourvu de sa couverture sédimentaire; les accidents latéraux du Briançonnais, des environs de Guillestre et de la zone du flysch sont du même ordre que ceux que MM. Bertrand et Ritter nous ont fait connaître sur le bord oriental du massif du mont Blanc et dans la partie voisine des Alpes calcaires de Savoie; ils représentent simplement *un stade moins avancé de l'érosion* à laquelle leur plus grande surrection a prématurément exposé les éventails asymétriques du mont Blanc et du Pelvoux, ainsi que dans le massif du Gothard, la continuation vers le nord-est de cette même zone du Briançonnais. »

PALÉONTOLOGIE. — *Sur un nouveau Rongeur miocène.* Note de M. **Cl. Gaillard**, présentée par M. Albert Gaudry.

« Un nouveau Rongeur vient d'être trouvé dans les inépuisables gisements miocènes de la Grive-Saint-Alban. Le musée de Lyon en possède un crâne, une voûte palatine et plusieurs mandibules présentant la série dentaire complète d'individus de différents âges.

» Ces pièces sont d'un Muridé qui appartient, par l'ensemble de son crâne, à la sous-famille des Sigmodontinés ou Cricétinés; mais sa dentition est très particulière et ne permet de le rattacher à aucun des genres connus. Ses molaires offrent quelque ressemblance avec celles de *Brachyuromys Betsileonensis* Bartlett, de la faune actuelle de Madagascar; elles rappellent également un peu la dentition des divers genres de Rats-taupes: *Spalax*, *Tachyoryctes* et *Rhizomys*, en particulier les espèces vivantes *Tachyoryctes annectens* Thomas, de l'Afrique orientale, et *Rhizomys vestitus* Milne-Edwards, du Thibet.

» Nous proposons de nommer ce nouveau fossile *Anomalomys Gaudryi*. Les principaux caractères du crâne et de la mandibule sont les mêmes que chez les Cricétinés, notamment le trou sous-orbitaire et la tubérosité de la branche montante mandibulaire qui correspond à l'extrémité de l'alvéole occupé par l'incisive. Incisives avec le diamètre antéro-postérieur plus grand que le diamètre transverse. Molaires $\left(\frac{3}{3}\right)$ radiculées, hautes, prismatiques, non tuberculeuses, à couronne concave dans le sens transversal. Le même nombre de lobes aux molaires des deux mâchoires. Ces lobes forment aussi dans toutes les molaires un nombre de sinus externes et de sinus internes, respectivement égal, contrairement à ce qu'on voit chez la

plupart des Rongeurs où les molaires de la mandibule ont, par exemple, deux sinus en dehors et un en dedans, si les molaires de la mâchoire supérieure en ont un en dehors et deux en dedans. C'est cette disposition de l'émail, irrégulière par comparaison avec ce qui existe chez les autres Rongeurs, que nous avons voulu rappeler dans le nom de genre.

» Toutes les molaires ont trois lobes : les deux premiers sont obliques; le troisième, perpendiculaire à l'axe de la rangée dentaire, est réuni en dedans au second lobe, il forme avec celui-ci un V ouvert en dehors.

			mm
Longueur totale de la mandibule du condyle à l'incisive		...	20,0
»	»	des molaires inférieures	5,0
»	»	des molaires supérieures	4,8

» A part les genres cités plus haut, et dont la dentition n'a que des rapports très éloignés avec celle d'*Anomalomys Gaudryi*, nous ne connaissons pas de Rongeurs à côté desquels ce nouveau fossile puisse être placé. Il n'est donc pas possible de lui assigner, dès maintenant, un rang précis dans la nomenclature. Comme l'unité du monde organique ne permet pas de croire que ce Muridé ait vécu entièrement distinct de tous les autres, sans aucun lien de parenté, on est obligé d'admettre que ses voisins ou parents sont encore à découvrir.

» Cette supposition est très vraisemblable; de très nombreux Vertébrés fossiles ont déjà été mis au jour; mais ce sont, pour la plupart, des êtres de grande ou moyenne taille; les petits animaux ont été beaucoup moins étudiés. »

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur une fibrine cristallisée* (1). Note de M. L. **Maillard**, présentée par M. Arm. Gautier.

« Dans une précédente Communication (2), j'ai signalé l'existence, au sein du dépôt spontanément formé dans le sérum conservé aseptiquement pendant plusieurs années, de granulations cristallines, faiblement biréfringentes, granulations albuminoïdes, et très proches parentes sinon identiques à la fibrine du sang.

(1) Travail du Laboratoire de Chimie biologique, Faculté de Médecine de Nancy.
(2) *Comptes rendus*, 6 février 1899. Erratum : *au lieu de* A. Maillard, *lire* L. Maillard.

» A la suite d'une étude sur le dépôt qui se forme dans le sérum de cheval (sérum antidiphtérique), M. Dzerzgowski ([1]) s'était rangé d'abord à mes conclusions. Mais, en essayant de fractionner le précipité provenant de 100 litres de sérum, il a pu en retirer de petites quantités d'une substance qu'il a caractérisée comme étant du palmitate de calcium mêlé d'un peu de stéarate, et a cru pouvoir attribuer à ce palmitate toutes les portions cristallisées du dépôt. La fibrine, ou la substance très voisine, que M. Dzerzgowski reconnaît d'ailleurs y exister, serait donc amorphe.

» La présence du palmitate de calcium peut être considérée comme mise hors de doute par les analyses de cet auteur. Mais les motifs invoqués pour établir l'absence totale de cristallisation dans les grains fibrineux ne m'ont pas semblé suffisants pour démontrer son opinion. N'ayant point la bonne fortune de posséder du sérum ancien par centaines de litres, j'ai dû renoncer à répéter toutes les expériences de M. Dzerzgowski, mais j'ai tenu à refaire de ces dépôts une sérieuse étude microscopique que les circonstances m'ont empêché de terminer plus tôt.

» J'ai opéré, comme précédemment, sur des tubes de sérum antidiphtérique mis à ma disposition par l'Institut sérothérapique de l'Est. Après que les lavages à l'eau, à l'alcool et à l'éther ont débarrassé le dépôt du liquide albumineux et de certaines substances : acides gras, glycérides, cholestérine, éthers cholestériques, etc., il reste un mélange de palmitate et d'albuminoïdes. L'extraction de ce palmitate, par l'alcool bouillant, ayant duré quatorze jours sans interruption, M. Dzerzgowski fait digérer le résidu dans HCl à 5 pour 100, puis recommence l'épuisement par l'alcool et par l'éther. A la suite de ce traitement, le dépôt a perdu toute trace de cristallisation. Faut-il s'en étonner? A supposer qu'une matière albuminoïde authentiquement cristallisée résistât pendant quatorze jours à une température de 78°; peut-on espérer la trouver encore intacte après la digestion dans HCl, qui gonfle les grains de fibrine?

» L'expérience de Dzerzgowski ne permet donc pas de conclure. Je me suis assuré au contraire que, après un séjour de six heures dans HCl à 5 pour 100 trois fois renouvelé, puis lavages à froid par l'eau, l'alcool et l'éther, le précipité contient encore des grains cristallins, moins nombreux, il est vrai. Un long séjour dans l'acide chlorhydrique gonfle ces grains et fait disparaître toute cristallisation, mais il ne s'agit certainement pas là de l'attaque d'un palmitate, attaque qui serait beaucoup plus rapide.

([1]) S. Dzerzgowski, *Zur Frage: Ueber das krystallinische Fibrin* (*Zeit. f. physiol. Chemie*, Bd XXVIII, p. 65; 1899).

» J'ai étudié cette substance cristalline au microscope polarisant, avant et après séjour dans HCl. Cet examen a été complété par celui des caractères microchimiques : il est facile de réaliser sur le porte-objet des réactions de coloration telles que la réaction xanthoprotéique, la réaction de Millon, la fixation des colorants, réactions qui s'adressent aux matières albuminoïdes; aussi bien que celle de l'acide osmique qui colore rapidement en noir les cristaux de palmitate. Voici les résultats de cette étude.

» 1° Le dépôt contient une série de formations exclusivement albuminoïdes qui représentent les phases d'une cristallogénèse. On trouve d'abord de petites granulations amorphes, assez régulièrement sphériques, de 5^{μ} à 10^{μ} de diamètre; puis des grains de 15^{μ} à 20^{μ}, présentant un système de stries radiées, mais pas la moindre biréfringence; ensuite des grains sphériques de 15^{μ} à 20^{μ} s'éclairant en blanc grisâtre entre les nicols croisés, bien visibles surtout par l'emploi d'un quartz à teinte sensible, mais ne s'éteignant dans aucune position pendant la rotation complète de la platine, ce qui est le caractère des agrégats cristallins. Enfin certaines de ces granulations, bien sphériques, de 15^{μ} à 20^{μ}, se montrent sur un champ de teinte sensible lilas, avec une coloration azurée pâle, et présentent, pendant la rotation de la platine, quatre extinctions à angle droit. Mais l'absence de tout contour géométrique empêche de repérer la position des extinctions et de déterminer le système. J'ajoute que ces grains sont moins nombreux dans le sérum de deux ans que dans celui de quatre ans. Enfin je rappelle que certains tubes contiennent de la fibrine en flocons amorphes, déposée dès les premières semaines.

» 2° Le dépôt qui n'a pas subi l'action de HCl renferme des amas sphériques d'aiguilles ou de lamelles fortement biréfringentes, aiguilles dont une observation attentive permet de constater les extinctions individuelles par rotation de la platine. Ces cristaux noircissent assez rapidement par l'acide osmique à 1 pour 100 et correspondent bien au palmitate de calcium extrait par M. Dzerzgowski.

» Les grains fibrineux contiennent en leur intérieur un système de très petites granulations, résistant à la digestion pepsique comme à la dissolution dans NaF à 10 pour 100; ils correspondent à la nucléine trouvée par M. Dzerzgowski.

» Ces nouvelles observations me permettent d'affirmer l'existence d'une fibrine à précipitation lente et régulière, atteignant, sinon les contours géométriques des grands cristaux, du moins la structure et les propriétés physiques qui caractérisent l'état cristallin. »

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *De la multiplication de levures, sans fermentation, en présence d'une quantité limitée d'air.* Note de M. **A. Rosenstiehl**, présentée par M. Roux.

« Pasteur a montré que les fonctions vitales des levures se manifestent dans les milieux sucrés de deux manières différentes, selon que l'air a librement accès, ou non.

» Dans le premier cas elles se multiplient, dans le second elles provoquent la fermentation. Or, en faisant l'analyse bactériologique du cidre, j'ai observé plusieur cas de multiplication de la levure, sans dégagement d'acide carbonique, dans des conditions d'aération restreinte, où le contraire aurait dû se produire.

» C'est l'étude de ces cas qui constitue l'objet de la présente Note.

» 1. Les levures qui ont servi à ces expériences sont retirées du cidre en fermentation par deux séparations consécutives effectuées dans du moût de pommes stérile ([1]), épaissi, soit à la gélatine, soit à la gélose, et coulé en plaques.

» Les colonies sont semées dans des moûts différents. Elles mettent très bien en fermentation le moût artificiel formé par une infusion acidulée de malt, additionnée de sucre interverti (128^{gr} sucre, 3^{gr},5 acide tartrique au litre).

» Après deux ou trois cultures dans ce moût, elles prennent toute leur activité, et sont en état de faire fermenter le jus de pommes; mais prises directement sur les plaques, elles sont impuissantes à remplir cette fonction. Elles tombent inertes au fond du liquide. Aucun gaz ne se dégage, mais visiblement le dépôt augmente de volume. Au microscope, on voit que la levure est en plein travail de bourgeonnement, mais elle est de $\frac{1}{2}$ ou de $\frac{1}{3}$ plus petite que celle qui se forme dans le moût artificiel. Le jus de pommes qui a servi à faire ces expériences renferme : sucre réducteur, 66^{gr}; sucre non réducteur, 32^{gr}; acide exprimé en acide tartrique, 2^{gr},55; azote, 0,069; acide phosphorique, 0,121.

» Quelle est la cause de cette vitalité déprimée?

» Ce n'est pas l'oxydase, car du jus de pommes stérilisé à l'autoclave à 115° présente le même caractère et M. Cazeneuve ([2]) a montré que l'oxydase (tout au moins celle du vin) perd son activité à 75°C.

([1]) Le jus de pommes est chauffé à 50°, puis filtré à la bougie Chamberland.

([2]) *Société chimique*, t. XVIII, p. 529. Paris.

» Les expériences suivantes donnent à penser que c'est le tannin de la pomme.

» 2. Quand on ajoute au liquide assez de gélatine pour précipiter tout ce qui est précipitable (dans le cas particulier $2^{gr},32$ de gélatine par litre) la fermentation se déclare aussitôt. Le ferment présente alors, au microscope, les grandes dimensions qu'il acquiert dans le moût artificiel.

» Quand on emploie un excès de gélatine le précipité, d'abord formé, se redissout; le liquide redevient limpide et se prend en gelée par le refroidissement. Et alors, on voit se former dans son sein de belles colonies de levures, dont le plus grand nombre ne présente pas la moindre bulle de gaz. C'est la minorité des cellules qui a acquis assez de vitalité pour amener un peu de fermentation.

» 3. Dans cette expérience, l'oxygène qui a pu être utilisé pour la multiplication est celui qui est dissous dans le moût (d'après Pasteur, 5^{cc} par litre de liquide) [1]. On est donc là en présence de la quantité limitée d'air, condition favorable à la fermentation. En répétant l'expérience dans le vide, faite plusieurs fois sur de l'hydrogène, il n'y a plus eu ni fermentation, ni multiplication (fait d'ailleurs démontré dans d'autres conditions par Pasteur et par M. Cochin).

» 4. L'influence favorable de la gélatine n'est pas due à l'azote qu'elle apporte dans le moût qui en est très pauvre. Les trois expériences suivantes sont faites sur des volumes égaux de moût renfermant $78^{gr},7$ de sucre et $2^{gr},5$ d'acide exprimé en acide tartrique, le tout rapporté au litre.

» Ces moûts sont stérilisés par la chaleur, et ensemencés avec 50^{cc} d'un levain en pleine activité. Au bout d'un mois de fermentation, on dose le sucre restant.

» I est le moût de pommes sans aucune addition.

» II est le même d'où l'on a enlevé, par le sous-acétate de plomb, tout ce qui est précipitable. L'excès de plomb est précipité par le carbonate de soude et, en dernier lieu, par du phosphate, car un peu de carbonate de plomb reste en dissolution à cause de la présence du sucre.

» III est le n° II additionné de $2^{gr},23$ de gélatine par litre.

» La gélatine employée dans toutes ces expériences est très pure. Elle renferme 14,9 pour 100 d'azote. Les 93,8 pour 100 sont précipitables par 5 volumes d'alcool ajoutés à une solution à 15 pour 100. Dans le Tableau

---

(1) Pasteur, *Études sur la bière*, p. 354.

suivant, on ne porte en compte que 6,2 pour 100 non précipités par l'alcool.

	I.	II.	III.
Azote au litre, préexistant dans le moût..........	0,059	0,039	0,039
Azote de la partie non précipitable de la gélatine.	»	»	0,020
Acide phosphorique préexistant Ph^2O^5..........	0,169	»	0,100
Acide phosphorique introduit avec le levain......	0,021	0,021	0,021
Sucre fermenté..............................	53,7	54,7	54,2

» Dans les trois cas, le poids du sucre fermenté est sensiblement le même, malgré les quantités différentes d'azote (et d'acide phosphorique) qui sont en présence. On en conclut que la gélatine n'apporte aucun aliment. Elle n'agit pas par sa substance sur la levure en pleine activité. Elle n'a d'effet utile que sur le réveil des levures affaiblies par leur culture en milieu pauvre, en éliminant une substance astringente, sans doute de la nature des tannins. Ce qui corrobore cette interprétation, c'est que l'addition de tannin à un moût artificiel entrave, à la manière du jus de pommes, la fermentation avec ces levures affaiblies.

» 5. Pour donner une démonstration frappante de la multiplication des levures sans dégagement de gaz, on peut disposer l'expérience de la manière suivante :

» Dans un tube à essai contenant un peu d'eau de gélose à 2 p. 100, chauffée jusqu'à liquéfaction, on fait couler lentement du jus de pommes stérile. Sa plus grande densité (1036 à 15°C.) lui fait gagner le fond. La solution de gélose surnage et, après refroidissement, forme sur le liquide un bouchon hermétique et transparent. Après refroidissement, on ensemence par piqûre avec une colonie, soit de levure apiculaire, soit de levure elliptique.

« A l'endroit où la piqûre, après avoir traversé la gélose, vient toucher le jus de pommes, on voit peu à peu une colonie se former, qui grandit et envahit le liquide de haut en bas. L'expérience réussit mieux avec la levure apiculaire qu'avec la levure elliptique, qui forme quelquefois une bulle unique, dont le volume d'environ un dixième de centimètre cube cesse d'augmenter. Je possède de ces tubes scellés à la lampe qui sont restés sans altération depuis trois ans.

» 6. La reproduction des levures sans fermentation est donc mise hors de doute par ce qui précède. C'est le tannin ou une substance analogue, coagulable par la gélatine, qui paraît en être la cause. Mais quoi qu'il en soit, la conclusion certaine qui se dégage de ces faits, c'est que des deux

modes d'activité constatés par Pasteur, c'est la faculté de la reproduction qui s'éteint en dernier, quand on affaiblit la vitalité d'une levure. »

PHYSIOLOGIE. — *Sur la nature de la propagation de l'influx nerveux.* Note de M. G. Weiss, présentée par M. Marey.

« Quand on fait varier la température d'un organe vivant, on voit généralement la fonction de cet organe subir de grandes modifications, résultat d'un changement dans l'activité des phénomènes chimiques dont il est le siège. Par exemple, quand on provoque la contraction d'un muscle de grenouille, on constate, en élevant ou en abaissant sa température, que sa courbe de secousse se raccourcit ou s'allonge. Il en est de même de sa période latente, et la longueur de cette période latente peut nous donner une mesure approximative de la rapidité avec laquelle l'action chimique, liée à la contraction musculaire, peut se produire. J'ai pensé qu'il y avait là un moyen de nous renseigner sur les actions chimiques du nerf, en recherchant quelles pouvaient être les variations de la vitesse de propagation de l'influx nerveux sous l'influence des changements de température.

» Les divers auteurs qui se sont occupés de la vitesse de l'influx nerveux ont généralement signalé un ralentissement considérable avec l'abaissement de température. C'est ainsi que Helmholtz dit que cette vitesse peut tomber au dixième de sa valeur quand le nerf est refroidi.

» Il en résulterait que la conduction nerveuse serait solidaire de phénomènes chimiques assez accentués, ce qui semble incompatible avec l'hypothèse de l'infatigabilité du nerf.

» En examinant les seules méthodes de mesure qui soient à notre disposition, on voit qu'elles portent en elles une cause d'erreur considérable. Elles consistent, en effet, toutes à mesurer la somme des périodes latentes du nerf et du muscle dans diverses conditions et à en déduire par différence la part qui revient au nerf. Or la période latente du muscle est très grande par rapport à celle du nerf, et une erreur relativement petite sur la mesure totale entraîne des écarts considérables sur le résultat final. Il est facile de montrer qu'une différence de température de 1° du muscle double en apparence la période latente du nerf. Or Helmholtz refroidissait le nerf en plaçant à côté de lui un morceau de glace. Que devenait pendant ce temps la température du muscle?

» Pour éliminer autant que possible toute erreur, j'ai opéré avec deux appareils différents qui m'ont donné des résultats très concordants.

» L'un de mes dispositifs était basé sur les procédés graphiques, l'autre était la méthode de Pouillet avec quelques perfectionnements.

» Au cours de ces recherches j'aperçus successivement quelques causes d'irrégularité, je les corrigeai et au fur et à mesure mes résultats devinrent de plus en plus satisfaisants.

» Dans mes dernières séries, que je considère comme très bonnes à cause de la concordance des expériences successives, j'ai obtenu, en passant de 20° à 0°, des variations de vitesse de l'influx nerveux de + 6 pour 100 à — 3 pour 100.

» En comparant ces résultats à ceux que l'on obtient sur le muscle, où dans les mêmes limites de température les variations sont de + 300 pour 100, on peut en conclure que la vitesse de l'influx nerveux est indépendante de la température et, par suite, n'est pas intimement liée à une action chimique comme l'est la contraction musculaire. »

PHYSIOLOGIE. — *Nouvelle méthode pour mesurer la sensibilité thermique* ([1]). Note de MM. **Ed. Toulouse** et **N. Vaschide**, présentée par M. Marey.

« Les thermo-esthésiomètres connus sont tous pesants ([2]) et par conséquent éveillent des sensations de contact. Les malades examinés avec ces appareils déclarent qu'on les touche alors qu'ils ont perdu la sensibilité thermique. Or, il est indispensable que le sujet ne puisse pas confondre les sensations de température, ce qui arrive surtout lorsqu'elles sont peu intenses, avec les sensations de contact. La plupart sont en outre dangereux; ils peuvent brûler si, par inadvertance, on les chauffe trop.

» Un bon thermo-esthésiomètre doit être impondérable, servir à la mesure de petites surfaces pour la détermination des points chauds et des points froids et être inoffensif. L'eau chaude employée sous forme de gouttes remplit toutes ces conditions. Lorsqu'on laisse tomber d'une hauteur moindre de 1^{cm}, sur un point cutané, une goutte d'eau distillée pesant moins de $0^{gr},10$ et chauffée à une température voisine, préalablement prise, de celle de la peau du sujet, ce dernier n'éprouve aucune

(1) Travail du laboratoire de M. Toulouse, à l'Asile de Villejuif.

(2) Alrutz a exploré la sensibilité au moyen d'une lentille faisant converger en un point de la peau les rayons du soleil; mais ce n'est pas là, à proprement parler, une méthode d'examen.

sensation de contact. Par conséquent, si une goutte d'eau du même poids, mais plus chaude ou plus froide, est sentie par le sujet, c'est qu'elle l'est bien réellement à cause de ses qualités thermiques seules. L'eau bouillante ne peut dépasser 100°; or, une goutte de $0^{gr},10$ prélevée dans une masse d'eau bouillante détermine une douleur vive mais ne provoque aucune lésion.

» Notre thermo-esthésiomètre se compose essentiellement d'un flacon compte-gouttes rempli d'eau distillée et muni d'un thermomètre. Le compte-gouttes choisi a été celui donnant 50 gouttes pour 1^{cc} d'eau. Pour déterminer le minima perceptible de la sensibilité à la chaleur, on élève progressivement au bain-marie la température de l'eau distillée; et l'on note le degré où le sujet a une impression de chaleur. Pour la sensibilité au froid, on laisse refroidir le liquide, et l'on note le degré où le sujet a une sensation de froid. Il est possible de déterminer la perception douloureuse minima au froid et au chaud en continuant de chauffer ou de refroidir (par un mélange réfrigérant) l'eau distillée.

» On peut étudier la sensibilité de surfaces plus grandes ou plus petites en employant des compte-gouttes donnant de 5 à 150 gouttes au centimètre cube.

» Pour poursuivre des recherches, d'une utilité d'ailleurs contestable, sur la sensibilité thermique des grandes surfaces, nous conseillons d'employer un vase clos dont l'air est échauffé progressivement et construit de telle façon qu'il puisse recevoir le segment du membre à explorer. »

PHYSIOLOGIE. — *Action du courant continu sur la respiration du muscle pendant sa survie.* Note de M. **Th. Guilloz** (¹), présentée par M. d'Arsonval.

« Dans une Note sur le *Traitement électrique de la goutte* que j'ai eu l'honneur de présenter à l'Académie le 1er mai 1899, je montrais déjà, par certains faits, que le courant continu était un modificateur puissant de la nutrition dont il augmentait l'activité chez les ralentis : goutteux et obèses. Quel qu'ait été le soin apporté à l'observation des malades que j'ai suivis, cette conclusion serait demeurée empirique et subordonnée à cette doctrine que la goutte est une maladie de nutrition, si je n'avais fait observer que les obèses, soumis à un régime alimentaire et dynamique constant, maigris-

(¹) Travail du laboratoire d'Électrothérapie de la Faculté de Médecine de Nancy.

saient, sous l'action prolongée d'un courant continu intense, sans augmentation de déchets azotés dans l'urine : ainsi l'amaigrissement se faisait aux dépens des graisses et hydrocarbonés, preuve que la nutrition était suractivée.

» La question méritait d'être étudiée expérimentalement par l'analyse physiologique. Dans une première série de recherches et afin d'éliminer radicalement les causes d'erreurs si fréquentes dans ce genre d'expérimentation, j'ai tenu à étudier l'action du courant continu, non pas sur un organisme complexe, mais sur un tissu vivant isolé.

» J'ai utilisé à cet effet la patte de grenouille écorchée. On sait que le muscle séparé du corps continue à respirer et les belles recherches de M. Tissot ont montré que le muscle a une survie très longue quand on le met à l'abri de la putréfaction : il absorbe de l'oxygène et élimine de l'acide carbonique et l'absorption d'O est corrélative de son activité vitale. Dans les recherches entreprises dans le but de déterminer l'action du courant continu sur la respiration du muscle, il était nécessaire d'instituer une technique expérimentale mettant cette seule action en évidence. En effet, les modifications du milieu gazeux limité, où, dans ces expériences, on fait respirer la patte soumise à l'influence du courant, pouvaient être dues : à un dégagement gazeux par électrolyse à la surface de séparation des tissus et de l'électrode; à des absorptions d'O et de CO^2 par les produits de l'électrolyse; à une action possible du courant sur le tissu lui-même et enfin seulement à la respiration du muscle soumis au courant continu.

» Si, par exemple, la prise du courant passant par la patte se fait sur le Hg, on observe, relativement à ce qui se passe dans un tube contenant l'autre patte de la grenouille comme témoin, une bien plus grande absorption d'O et une absence complète de CO^2. Ce fait d'apparence paradoxale au point de vue du coefficient respiratoire est dû tout simplement d'une part à l'oxydation du Hg, d'autre part à l'absorption de CO^2 par les produits basiques apparaissant à la cathode. Montant en série avec la patte soumise au courant un tube fermé contenant une mèche de coton imbibée de sérum, on observe en effet dans les conditions précitées une absorption d'O mais à un degré moindre, il est vrai, que dans l'expérience précédente, puisqu'il n'y a pas respiration.

» J'ai vérifié que si la prise du courant sur la patte se fait par une solution isotonique de sérum artificiel, il n'y a jamais dégagement gazeux au contact du tissu même avec une intensité de courant de 60 milliampères,

alors que le courant employé dans mes expériences n'a jamais dépassé 2 milliampères.

» J'ai reconnu aussi, expérimentalement, qu'il était très important de ne pas laisser une trop grande masse de sérum artificiel en présence de l'atmosphère limitée dans laquelle respirait la patte, à cause des échanges gazeux qui avaient lieu avec cette masse liquide et même avec l'air extérieur par son intermédiaire.

» Bref, j'ai dû m'arrêter au dispositif suivant : la patte est placée dans un tube en U renversé fermé par deux bouchons. Chaque bouchon est traversé par un tube *t* très étroit recourbé en demi-cercle. Chacun de ces tubes *t* et *t'* pénètre dans le tube en U jusqu'au niveau intérieur du bouchon et s'évase à l'extérieur pour recevoir l'électrode. Les deux tubes *t* et *t'* sont remplis d'une solution de sérum artificiel qui vient baigner les extrémités de la patte reposant sur les bouchons fermant le tube en U renversé.

» J'ai établi que si l'on introduit dans le tube en U une mèche de coton imbibée de sérum ou une patte de grenouille tuée par l'action de la chaleur (patte ayant séjourné un quart d'heure dans le sérum à 70°), on n'observe plus dans l'atmosphère du tube de modifications appréciables à l'analyse, que le courant passe ou ne passe pas. L'analyse des gaz contenus dans le tube en U ne rendra dès lors compte que des échanges gazeux résultant réellement de la respiration du muscle.

» Voici, pris parmi les nombreuses analyses que j'ai faites, quelques chiffres se rapportant à trois types d'expériences.

	Poids de la patte.	Centimètres cubes d'air contenus dans le tube.	Durée de l'expérience.	Temp. extér.	CO^2 exhalé.	O absorbé.
	gr	cc	h	o	cc	cc
I. Patte soumise à un courant de 2^{milliamp} pendant deux heures....	7,5	8,30	2,00	20,5	0,55	1,25
L'autre patte servant de témoin respirant sans être soumise au courant.	7,5	7,75	»	»	0,25	0,85
II. Patte soumise à un courant de 2^{milliamp} pendant deux heures et quart, le courant ayant été renversé au bout d'une heure......	8	12,40	2.15	21	0,40	1,05
L'autre patte témoin sans courant..	8	13,20	»	»	0,30	0,64

	Poids de la patte.	Centimètres cubes d'air contenus dans le tube.	Durée de l'expérience.	Temp. extér.	CO^2 exhalé.	O absorbé.
III. Patte ayant subi un courant de 1milliamp,5 pendant dix minutes, puis ayant respiré deux heures cinquante minutes sans courant..	gr 8,50	cc 13,50	h 3	o 15	cc 0,45	cc 1,21
L'autre patte ayant respiré deux heures cinquante minutes sans courant puis ayant subi un courant de 1milliamp,5 pendant dix minutes	8,50	15	»	»	0,20	0,72

» Je n'insiste pas sur les détails expérimentaux, sur la difficulté du transvasement des gaz, sur les procédés analytiques et leur degré de précision. Je puis répondre en toute sécurité de ces analyses à $\frac{1}{20}$ de centimètre cube près.

» On voit qu'il n'est même pas nécessaire (III) que le courant passe pendant longtemps pour qu'il se produise dans le muscle l'augmentation d'absorption de O caractéristique de l'activité de ses échanges. La suractivité de la respiration survit donc au courant. »

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur le halo solaire du 11 janvier 1900.* Note de M. l'abbé **Maze**, présentée par M. A. Cornu.

« Le 11 janvier dernier un halo solaire a été vu dans l'ouest de la France et même en Angleterre dans le Sussex et le Surrey.

» Des relations de ce phénomène, envoyées au *Cosmos,* la plus intéressante est celle de M. l'abbé Proton, curé-doyen de Mazières-en-Gâtine (Deux-Sèvres).

» Cet observateur a mesuré au sextant la hauteur du Soleil et la distance angulaire entre cet astre et les cercles de 22° et 46° de rayon; chacun de ces cercles était surmonté d'un arc tangent. Mais, ce qui rend son observation intéressante, il a également mesuré la distance au Soleil de deux arcs adossés, dont l'un paraît être un arc circumzénithal et l'autre un fragment d'un troisième halo placé à 58° du Soleil : c'est peut-être le premier exemple d'un tel fait.

» Quoique peu familier avec le sextant, M. Proton ne croit pas que ses mesures comportent une erreur allant jusqu'à 30′.

» Il a également constaté l'existence de deux parhélies situés, comme d'ordinaire, à l'intersection du halo de 22° et du cercle parhélique. Un fait tout à fait extraordinaire c'est que de chacun de ces parhélies partait une bande verticale formant avec le fragment adjacent du cercle parhélique comme un T de dessinateur couché. Bravais ne cite qu'une observation de ce genre empruntée aux *Philosophical Transactions;* mais alors, les parhélies seuls et les bandes verticales étaient visibles, les cercles de 22° et 46° manquaient complètement. »

A 4 heures un quart l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 4 heures trois quarts.

M. B.

COMPTES RENDUS

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 29 JANVIER 1900,

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE LÉVY.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le PRÉSIDENT donne lecture de la Lettre suivante qui lui est adressée par M. J. Bertrand, Secrétaire perpétuel :

« MONSIEUR LE PRÉSIDENT,

» Plusieurs de nos Confrères ont remarqué avec étonnement, dans les exemplaires de l'éloge de Tisserand qui leur ont été distribués, un changement inexplicable fait à une phrase de Pasteur que j'avais citée. Pasteur, parlant de Tisserand âgé de vingt ans, avait dit : « Tisserand est un petit Puiseux. » C'est ce qui a été lu en Séance publique. Sur la dernière épreuve, par suite d'une annotation mal comprise, le mot « petit » a été remplacé par le mot « grand ». La phrase n'a plus aucun sens. Je crois faire plaisir aux amis et aux admirateurs de Puiseux en signalant dans les *Comptes rendus* cette erreur, d'ailleurs facile à rectifier.

» Veuillez agréer, etc.

» J. BERTRAND. »

PHYSIQUE. — *Contribution à l'étude du rayonnement du radium.* Note de M. **Henri Becquerel.**

« La partie du rayonnement du radium déviable par un champ magnétique se prête à diverses expériences, parmi lesquelles je citerai les suivantes, relatives aux rayons qui traversent le papier noir :

» 1° *Déviation magnétique dans le vide.* — Dans le but de rechercher si l'air exerçait une influence importante sur la vitesse de propagation du rayonnement en question, j'ai disposé l'expérience de la déviation magnétique dans le vide. Je n'ai pas observé de différence notable avec ce que l'on obtient dans l'air.

» L'expérience a été réalisée de la manière suivante : un tube de verre, fermé à une extrémité et en relation par l'autre, au moyen d'un tube de plomb, avec une trompe à mercure, était disposé horizontalement entre les pôles d'un électro-aimant, et normalement au champ. Dans ce tube, à côté d'un peu d'acide phosphorique pour dessécher l'air, était placée une petite plaque photographique, horizontale, enveloppée de papier noir; sur cette plaque était posée une petite cuve en plomb de $0^{mm},94$ d'épaisseur, contenant la matière active rassemblée dans un trou de 1^{mm} environ de diamètre percé dans une carte, maintenue en dessous par du papier noir et en dessus par une très mince feuille d'aluminium. Dans ces conditions, la matière peut rester plusieurs heures sur la plaque sans la voiler, et donne seulement une impression directement au-dessous de la source, à travers le plomb.

» On fait alors plus ou moins complètement le vide dans le tube, puis on fait passer dans l'électro-aimant un courant qu'on maintient aussi constant que possible. Les rayons ramenés sur la plaque photographique par le champ magnétique impressionnent celle-ci d'un côté de la source. Au bout d'une dizaine de minutes de pose, on interrompt le courant; on laisse rentrer l'air, puis on fait passer dans l'électro-aimant un courant égal au premier, pendant le même temps, mais en sens inverse, de façon à rejeter l'impression de l'autre côté de la source; on peut ainsi comparer sur la même épreuve les effets obtenus dans le vide et dans l'air à la pression atmosphérique.

» On a opéré avec des pressions de 7^{mm}, de 2^{mm}, de $0^{mm},1$ de mercure, et dans le vide presque absolu. Dans tous les cas, les deux impressions qui,

dans un champ uniforme, figurent des arcs d'ellipse ont paru presque identiques, et à très peu près symétriques de part et d'autre de l'impression directe de la source. Pour un champ dont l'intensité était environ 4060 unités C.G.S., la distance moyenne de l'impression au milieu de la source a été trouvée égale à $6^{mm},21$.

» La source étant à $2^{mm},17$ environ au-dessus de la plaque, pour avoir la distance à la source de l'impression qui serait produite dans le plan même de la source, il faut faire une correction dont les éléments seront donnés plus loin, et qui porterait le nombre trouvé ci-dessus dans l'air à $7^{mm},3$ pour un champ de 4060 : ce qui pour un champ de 4000 unités donnerait le nombre $7^{mm},41$. Une autre série, faite il y a plusieurs semaines dans l'air, avait donné le nombre $7^{mm},43$. La présence de l'air n'exerce donc pas sur la déviation magnétique une influence appréciable par cette expérience.

» 2° *Identité du rayonnement émis par les sels radifères diversement actifs.* — Sur une même plaque photographique enveloppée de papier noir et placée horizontalement entre les pôles de l'électro-aimant, on a disposé côte à côte quelques grains de deux préparations différentes de sels de radium, en interposant entre ces deux sources un écran perpendiculaire à la plaque; on excite alors l'électro-aimant, et, après un temps de pose variable avec les échantillons, on observe sur les deux moitiés de la plaque des impressions inégales comme intensité, mais égales comme déviation. L'expérience a été faite avec du carbonate radifère et deux chlorures d'activité différente, que m'ont obligeamment prêtés M. et Mme Curie. Ces expériences montrent que les divers sels de radium émettent des rayons également déviables, c'est-à-dire de même nature, et ne diffèrent que par leur intensité.

» 3° *Trajectoires du rayonnement dans un champ magnétique uniforme.* — Les rayons qui se propagent normalement à un champ magnétique uniforme décrivent une trajectoire fermée, qui les ramène au point d'émission. On peut constater ce fait par l'expérience suivante : On dispose, comme dans les expériences précédentes, une plaque photographique enveloppée de papier noir, horizontalement dans le champ magnétique, mais la gélatine étant en dessous; très près du bord de la plaque, bord amené au milieu du champ, on place sur la face supérieure une lame de plomb, puis la substance active, formant une source de petit diamètre; on excite alors l'électro-aimant de manière que le rayonnement soit rejeté en dehors de la plaque, et l'on observe qu'il se produit sur

tout le bord au-dessous de la source une impression due aux rayons qui y sont ramenés. Si l'on dispose, dans l'espace, sur le trajet des rayons, divers écrans, leur ombre se reproduit sous la plaque, montrant que les rayons normaux au champ sont ramenés sous la source elle-même, et que les rayons obliques sont ramenés sur l'axe du champ passant par la source.

» Enfin, si, à côté de la plaque horizontale, on dispose une plaque verticale dont le plan se prolonge au-dessus et au-dessous de la première, on obtient une section de toutes les trajectoires des rayons qui la rencontrent et l'on reconnaît que ceux-ci sont ramenés sur l'axe qui passe par la source.

» On rend compte de toutes les apparences en assimilant le rayonnement en question aux rayons cathodiques, et en considérant ce rayonnement comme soumis aux forces qui sollicitent des masses électriques négatives traversant le champ magnétique avec une grande vitesse. Dans ces conditions, les trajectoires des rayons normaux à un champ uniforme sont des cercles passant par la source, tangents à la direction originelle du rayonnement; ces cercles ont tous le même rayon R, dont la valeur est inversement proportionnelle à l'intensité du champ. Les rayons émis normalement à une plaque photographique parallèle au champ magnétique reviennent couper celle-ci normalement, et produisent une impression d'intensité maximum. Les rayons émis tangentiellement à la plaque reviennent sur eux-mêmes tangentiellement à celle-ci et ne produisent aucune impression.

» Pour une direction de propagation oblique, faisant avec l'axe du champ un angle α, la trajectoire est une hélice qui s'enroule sur un cylindre de rayon $R \sin\alpha$, ayant pour axe une parallèle à l'axe du champ, et tangent à l'élément de trajectoire au départ. L'hélice s'enroule dans le sens du mouvement des aiguilles d'une montre si la propagation a lieu dans le sens du champ, et en sens inverse si la propagation a lieu en sens contraire.

» Ces résultats, connus pour les rayons cathodiques, s'appliquent aux rayons déviables du radium. Le lieu des impressions maxima sur la plaque photographique horizontale correspond au lieu des intersections avec ce plan des rayons dont les directions originelles sont dans un plan vertical parallèle au champ. Ce lieu est un arc d'ellipse dont l'un des demi-axes est $2R$ pour la direction perpendiculaire au champ, et dont l'autre serait πR pour la direction de l'axe; mais les rayons n'atteignent pas ce point. Toutes les trajectoires de ces rayons ont la même longueur πR.

» Le lieu des intersections avec un plan normal à l'axe du champ, des

trajectoires des rayons obliques dont les éléments originels sont dans un plan passant par l'axe, est une courbe dont le point de départ est sur l'axe passant par la source, et dont la tangente à l'origine fait avec l'intersection des deux plans un angle égal à $\frac{d}{2R}$, d étant la distance du plan à la source, et R le rayon de la trajectoire circulaire définie ci-dessus. L'expérience vérifie cette valeur théorique.

» Dans un champ magnétique égal à 4000 unités C.G.S., on a obtenu pour R des valeurs voisines de $3^{mm},7$.

» 4° *Dispersion dans le champ magnétique.* — Il résulte de la forme des trajectoires que, dans l'expérience décrite au début de cette Note, si le rayonnement était homogène, les impressions devraient figurer des arcs d'ellipse intenses vers le bord extérieur et diffus vers le bord intérieur. Or, même avec une source radiante de très petit diamètre, les arcs d'ellipse sont très diffus vers l'extérieur, et la diffusion augmente lorsqu'en diminuant le champ magnétique on augmente la valeur de 2R. Cette diffusion paraît devoir être attribuée à une dispersion, par le champ magnétique, du faisceau des radiations dont mes expériences antérieures ([1]) avaient déjà signalé l'hétérogénéité.

» Si l'on dispose sur la plaque photographique enveloppée de papier noir, et placée parallèlement au champ, des écrans de diverses natures, tels qu'une lame d'aluminium de $0^{mm},1$ d'épaisseur, une lame de cuivre de $0^{mm},085$, l'impression sous ces écrans se compose d'arcs elliptiques décalés les uns par rapport aux autres. Dans un champ de 2400 unités environ, et sans autre écran que le papier noir, l'arc elliptique a pour petit axe dans la région du maximum d'intensité environ $2R = 12^{mm},2$. Sous l'aluminium : $2R = 16^{mm},5$. Sous le cuivre, la valeur de 2R est environ double de celle qu'on obtient sans écran; ces nombres ne sont donnés ici qu'à titre d'indication.

» Les impressions figurent des sortes de spectres d'absorption montrant que les rayons les plus déviés par le champ magnétique sont les plus facilement arrêtés dans ces conditions. Mais si, au lieu de placer l'écran d'aluminium sur la plaque photographique, on le place tout près de la source, bien que les rayons traversent successivement l'aluminium et le papier noir, l'arc elliptique obtenu sur la plaque a la même position que s'il n'y avait pas d'aluminium. Il semble que l'aluminium, à une très petite

---

([1]) *Comptes rendus*, t. CXXIX, p. 912.

distance de la source, soit transparent pour certains rayons, et qu'il les arrête lorsque ceux-ci ont parcouru dans l'air un trajet de 2^{cm}. Je reviendrai prochainement sur ces phénomènes.

» 5° *Considérations sur la déviation électrostatique.* — Les faits qui viennent d'être exposés montrent qu'une partie du rayonnement du radium est tout à fait assimilable à des rayons cathodiques, ou à des masses d'électricité négative transportées avec une grande vitesse. On n'a pu jusqu'ici reconnaître l'existence de ces charges électriques. Il se pourrait toutefois que l'on se trouvât en présence de masses matérielles excessivement faibles, transportant des charges également très faibles, trop faibles pour être facilement mises en évidence, mais telles que le rapport $\frac{m}{e}$ de la masse à la charge fût d'un ordre de grandeur appréciable dans un champ magnétique. On sait que si v est la vitesse, H l'intensité du champ et ρ le rayon de courbure de la trajectoire, on doit avoir $\frac{m}{e}v = H\rho$. Or, nous avons trouvé pour $H = 4000$, $\rho = 0^c,37$; on aurait donc approximativement $\frac{m}{e}v = 1500$. Il est à remarquer que ce nombre est du même ordre de grandeur que ceux qui ont été trouvés pour les rayons cathodiques par M. J.-J. Thomson (¹), par M. W. Wien (²) et par M. Lenard (³) qui donnent des valeurs de $\frac{m}{e}v$ variant de 1030 à 1273, avec des valeurs de v comprises entre $0,67.10^{10}$ et $0,81.10^{10}$.

» Ces masses en mouvement doivent subir, dans un champ électrique d'intensité F, une déviation $\theta = \frac{Fl}{\frac{m}{e}v^2} = \frac{Fl}{1500v}$, l étant la longueur du chemin parcouru dans le champ. On sait qu'on n'a pu obtenir jusqu'ici aucune déviation électrostatique pour les rayons du radium. Peut-être ce fait tient-il à ce que les champs employés n'ont pas été assez intenses. On est réduit à faire sur ce point des hypothèses; si l'on admet comme vraisemblable que la vitesse v soit, comme pour les rayons cathodiques, de l'ordre de grandeur de la vitesse de la lumière, par exemple, comme dans les expériences de M. Lenard, le quart de cette vitesse, on voit que pour observer sur un trajet de 1^{cm} une déviation θ de quelques degrés, soit

---

(¹) J.-J. Thomson, *Phil. Mag.*, 5ᵉ série, t. XLIV, p. 293; 1897.

(²) W. Wien, *Verhandl. der phys. Gesellsch. zu Berlin*, t. XVI, p. 165; 1897.

(³) Lenard, *Ann. der Physik und Ch.*, t. LXIV, p. 279; 1898.

$\theta = 0,20 = 11°,4$, il faudrait réaliser au moins un champ électrique de 2.10^{12} unités ou une différence de potentiel de 20000 volts entre deux plateaux distants de 1^{cm}; il faudrait donc, pour avoir une déviation électrostatique notable, employer des différences de potentiel égales ou supérieures à celles qui provoquent la décharge explosive entre les conducteurs dans l'air, ce qui ne peut être obtenu que dans le vide, et ne paraît pas avoir été fait jusqu'ici. On ne peut donc rien affirmer avant d'avoir réalisé l'expérience dans des champs électriques de l'ordre de grandeur de ceux qui ont été employés pour l'étude des rayons cathodiques. »

PÉTROGRAPHIE. — *Note sur les roches cristallines et éruptives de la Chine méridionale;* par MM. **Michel-Lévy**, **A. Lacroix** et **Leclère** (¹).

« Nous avons examiné les roches cristallines rapportées par M. Leclère de sa mission dans la Chine méridionale. Elles se répartissent ainsi qu'il suit :

» *Roches de profondeur.* — Grâce aux grandes failles du faisceau du fleuve Rouge, on voit, depuis Hien-Bai jusqu'à Tali-Fou, au-dessous des formations paléozoïques, un soubassement de roches gneissiques et granitiques. La plupart sont des *schistes anciens micacés et feldspathisés*, identiques à plusieurs des types de Saint-Léon (Allier). Le type par superposition domine dans les horizons supérieurs (à 800^m dans la vallée du Sin-Chiem-Ho). Le type par juxtaposition se rencontre au-dessous (à 650^m dans la vallée). L'horizon du fleuve Rouge (à 150^m auprès de Lao-Kay) renferme un *granite éruptif* à mica noir.

» Dans la région stannifère de Ko-Tiou, les schistes granitisés, relevés au-dessus du bassin de Mong-tze et traversés par une *pegmatite à tourmaline*, renferment, à l'altitude de 1600^m, de la tourmaline et du sphène.

» Dans les régions d'épanchements mélaphyriques des bords du fleuve Bleu, la roche de profondeur est une *diorite* à bytownite, passant à des *amphibolites* nettement schisteuses. Cette diorite renferme des filons d'une roche à deux temps, composée de *microgranulite à amphibole*, avec mica noir, oligoclase et pyrite.

» Entre le Ia-Long-Kiang et le Kien-Chan, l'arête principale de la boucle

(¹) MM. Michel-Lévy et Lacroix pour les déterminations pétrographiques; M. Leclère pour les gisements et les relations tectoniques.

du fleuve Bleu est formée par un massif de leptynite à quartz vermiculé très abondant, renfermant à l'est de Houi-Li-Tcheou des dikes puissants de *syénite néphélinique* composés d'orthose, d'albite, de microperthite, de néphéline et d'œgyrine; accessoirement apparaissent une amphibole de la famille de l'arfvedsonite, une lépidomélane, du sphène, de la sodalite et de la cancrinite. En outre, un des échantillons nous a présenté un minéral probablement nouveau, associé à l'œgyrine, sensiblement rhombique, à biréfringence voisine de 0,03, avec deux clivages rectangulaires parallèles à l'allongement; la bissectrice positive coïncide avec cet allongement; les axes optiques font un petit angle; le minéral est incolore et assez réfringent. Ces propriétés éliminent tous les minéraux, incolores en lame mince, des syénites néphéliniques déjà étudiées.

» Le passage de la ligne de fracture du grand Khin-Gan, au nord-est de Nan-Ning-Fou, est marqué par l'apparition d'un *granite* à grands cristaux, chargé de biotite, au-dessus duquel on trouve encore des *schistes granitisés*.

» *Roches d'epanchement.* — La partie centrale des roches basiques du fleuve Bleu se compose principalement d'un *mélaphyre labradorique :* grands cristaux de péridot transformé en bowlingite, d'augite, de labrador non zoné, à éclat vitreux; microlites de labrador et d'augite à structure fluidale, disséminés dans un verre altéré, riche en cristallites de magnétite.

» Le prolongement du massif interstratifié à la base du Carboniférien, dans la partie septentrionale du Yun-Nan, se compose de *porphyrites andésitiques* moins basiques, à structure microlitique, parfois enchevêtrée, parfois cristallitique, arborisée ou variolitique. Microlites d'oligoclase et d'augite, parfois d'andésine, dans un magma vitreux, souvent transformé en chlorite, avec sphène secondaire et produits ferrugineux. Les mêmes roches apparaissent encore près de Mei-Tchai, au passage de la rivière de Kou-Tchou, dans la zone de fracture du grand Khin-Gan. Elles s'y trouvent aussi à l'état de brèches.

» Au passage de la même zone à Iang-Tze-Lan, entre Nan-Ning et Lang-Son, on rencontre aussi, sous le calcaire carboniférien, un *porphyre à quartz globulaire,* à grands cristaux d'albite, qui se retrouve au Tonkin, dans la même direction.

» Un *basalte labradorique* très frais, analogue aux mélaphyres du fleuve Bleu, forme la roche principale de notre nouvelle possession de Kouang-Tcheou-Ouan.

» Toutes les formations sédimentaires jusqu'au Lias sont traversées par

un *porphyre pétrosiliceux* rouge à grands cristaux de quartz bipyramidé très rongés, d'orthose vitreux, passant parfois à la microperthite, et d'oligoclase. Les quartz anciens sont cerclés de quartz plus récent, orienté comme eux. Magma à éponges de quartz, noyées dans une matière amorphe, chargée de produits ferrugineux.

» Enfin, des filons de *diabase* traversent la diorite du fleuve Bleu et se sont épanchés au-dessus du système archéen depuis le fleuve Bleu jusqu'au Tonkin (à 1200^m dans la vallée du Sin-Chiem-Hô).

» Le massif granitique au nord de Nan-Ning renferme des filons de *tourmalinite* quartzeuse. »

GÉOLOGIE. — *Le bassin houiller du Gard et les phénomènes de charriage.* Note de M. **Marcel Bertrand**.

« Le bassin houiller du Gard borde, au nord d'Alais, le terrain cristallin des Cévennes, d'abord, quand on descend du nord au sud, en ligne droite jusqu'au delà de Bessèges, puis, plus loin, en remontant dans une anse profonde qui forme le bassin de la Grand'Combe. Plus au sud, les affleurements, longtemps masqués par une couverture de terrains secondaires, reparaissent près d'Alais à Rochebelle.

» Un grand accident, souvent et passionnément discuté, complique la structure du bassin de la Grand'Combe; les couches de ce bassin, Champclauson et Grand'Baume, en moyenne peu bouleversées, se relèvent brusquement et se renversent en approchant du vallat de la Grand'Combe; leur branche renversée est en contact avec des couches toutes différentes, celles de la montagne Sainte-Barbe. Rien n'indique *a priori* si Grand'-Baume est supérieure à Sainte-Barbe, ou si le contraire a lieu; l'étude des empreintes végétales a démontré à M. Zeiller, puis à M. Grand'Eury, que les couches de Sainte-Barbe sont en réalité les plus anciennes, de même âge que celles de Bessèges. On admet donc généralement qu'une grande faille oblique a remonté le système de Sainte-Barbe et l'a juxtaposé au système plus récent.

» Callon avait pourtant bien vu autrefois que Sainte-Barbe est non pas juxtaposé, mais superposé au système de Grand'Baume. J'ai pu vérifier et appuyer sur de nouvelles preuves l'ancienne opinion de Callon, et montrer même que la superposition a lieu *en discordance*. Puisque Sainte-Barbe est cependant plus ancien, il faut donc admettre que le système est venu

à sa position actuelle par suite d'un transport; la faille oblique qui le sépare de Grand'Baume ne s'enfonce pas en profondeur, elle se relève en forme de cuvette; c'est une ancienne faille horizontale, une faille de charriage, postérieurement plissée.

» De l'autre côté de l'arête de micaschistes du Rouvergue, le système de Bessèges, contemporain de celui de Sainte-Barbe, s'enfonce sous des étages plus récents, l'étage stérile et l'étage de Gagnières, ce dernier à peu près contemporain de la base du système de la Grand'Combe. Mais de plus, en avançant plus à l'est, on trouve, au-dessus de ces dernières couches, toute une série nouvelle, celle des couches de Molières et des couches de Saint-Jean, montrant toujours le même pendage à l'est et semblant superposées aux assises précédentes. Une galerie à travers bancs, menée de Bessèges à Molières, a constaté une succession régulière et en apparence continue. Il n'y a donc aucun doute pour les exploitants que Molières et Saint-Jean ne représentent les termes les plus élevés de la série du Gard, supérieurs à Bessèges et à Gagnières. Mais l'étude de la flore contredit ce résultat; elle indique que Molières est du même âge que Bessèges. Il est donc probable qu'il y a là encore un phénomène de même ordre que celui qui rapproche Sainte-Barbe de Grand'Baume. Et en effet, en suivant depuis la Grand'Combe la trace de la surface de charriage, j'ai pu la suivre jusqu'au point où, près du Martinet, elle disparaît sous les terrains secondaires, juste en face de la ligne de séparation des systèmes de Gagnières et de Molières. C'est donc, selon toute probabilité, le même plan de charriage qui superpose d'une part Molières à Gagnières, et d'autre part Sainte-Barbe à Grand'Baume. L'étude de détail permet d'ailleurs de dégager plusieurs preuves, directes et indirectes, de l'existence de ce grand charriage, qui a certainement dépassé 10^{km}.

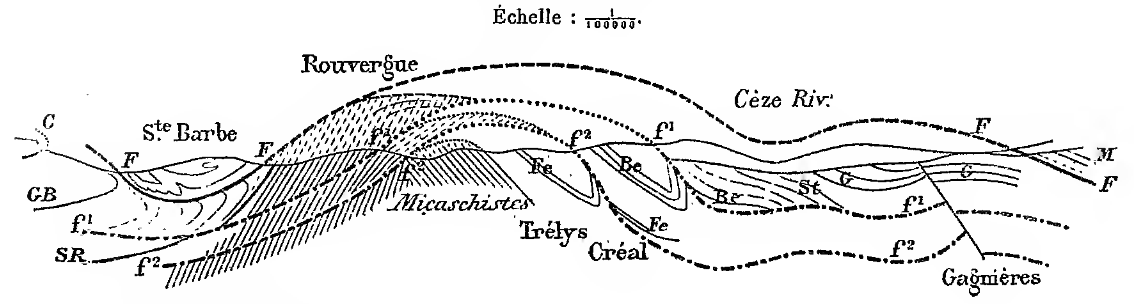
» Il y a là une constatation nouvelle, et d'un grand intérêt : non seulement le phénomène de charriage du Gard permet de coordonner et d'expliquer simplement toutes les anomalies du bassin; mais son existence même a, au point de vue de l'histoire de la chaîne houillère, une importance considérable. Elle montre combien est erronée l'opinion, très répandue en France depuis la découverte de M. Douvillé (¹), que la discordance du houiller supérieur et du houiller inférieur (Stéphanien et Westphalien) est le fait capital et culminant de l'histoire de la chaîne. Les grands charriages sont le fait, non seulement le plus considérable, mais encore le plus essen-

(¹) *Comptes rendus*, 20 mai 1874.

tiel et le plus caractéristique dans la formation d'une chaîne; tant qu'ils ne sont pas terminés, la chaîne est en voie de formation, et *en voie de formation continue*. Les discordances qu'on y observe sont uniquement l'indice des régressions et des transgressions qui se sont produites sur son emplacement : là où les eaux revenaient sur un terrain abandonné, elles le trouvaient plissé en proportion du temps qu'avait duré l'abandon. Et c'est

Coupe brisée sud-ouest nord-est à travers le bassin houiller du Gard, par Ricard, Sainte-Barbe, Trélys, Créal et Gagnières.

Échelle : $\frac{1}{100000}$.



F, grande faille de charriage.
f_1, première faille d'entraînement dans le substratum (faille de la Chapelle-Saint-Laurent).
f_2, seconde faille d'entraînement (faille de Robiac).
C, couche de Champclauson.
SB, couche Grand'-Baume.
SR, couches du sondage Ricard.
G, couches de Gagnières.
St, étage stérile de Bessèges.
Be, couches de Bessèges.
Fe, couches de Feljas.

ainsi que les transgressions du Silurien supérieur dans la chaîne calédonienne, du Stéphanien dans la chaîne hercynienne, et du Cénomanien dans la chaîne alpine, ont produit dans les trois chaînes de nombreux exemples de discordances. Je cite ensemble ces trois transgressions, parce que, dans la comparaison qu'on peut établir, terme par terme, détail par détail, dans l'histoire des trois chaînes, elles sont complètement homologues, et correspondent rigoureusement à la même phase. Elles ont créé des discordances partout où la transgression s'est fait sentir; mais dans les autres points, qui sont naturellement les plus nombreux, la concordance reste la règle : c'est ainsi que le Westphalien et le Stéphanien sont concordants dans le bassin de Saarbrück, dans le centre de l'Angleterre, dans le bassin d'Édimbourg, en Silésie, dans le bassin du Donetz, dans l'Oural,

dans les Alléghanys, tandis qu'on ne pourrait guère citer que les Asturies où les deux terrains coexistent en discordance. Bien plus, la transgression n'ayant pas commencé partout au même moment, on connaît plusieurs régions, comme la Bohême et la Saxe, où la série discordante débute par un peu de Westphalien supérieur. On ferait exactement les mêmes remarques pour le Silurien supérieur et le Cénomanien.

» Une fois le charriage constaté, les nombreux renseignements que donne l'exploitation souterraine permettent de l'étudier dans le Gard avec un grand détail. On constate ainsi que, lorsque la nappe charriée a rencontré une saillie préexistante, elle l'a *rabotée*, en entraînant avec elle tout ce qui lui faisait obstacle : c'est ainsi qu'en passant au-dessus de l'arête préexistante du Rouvergue, dont la crête avait limité au nord-ouest l'extension des lagunes du Stéphanien inférieur, elle en a enlevé toute la couverture des terrains houillers, pour reposer directement sur les micaschistes. De plus, en dessous des couches ainsi balayées, il en est un certain nombre qu'elle a poussées devant elle, sans les détacher de leur racine; elle les a simplement *retroussées*, déterminant ainsi la formation d'un phénomène très spécial, de cuvettes renversées tronquées par une faille et non suivies d'un pli anticlinal correspondant.

» L'adhérence de la nappe charriée avec son substratum a encore produit d'autres effets : elle a déterminé dans ce substratum des plans de fracture parallèles au mouvement, c'est-à-dire à peu près horizontaux, et elle a détaché ainsi une ou plusieurs tranches, des *lames de charriage*, qu'elle a entraînées plus ou moins loin à sa suite. Ces failles horizontales ont été plissées postérieurement avec les couches, et en général, elles affleurent naturellement aux points où le plissement postérieur, en les redressant, leur a donné le plus de chances d'être rencontrées par la surface du sol, c'est-à-dire aux points où elles sont devenues presque verticales. Leur véritable signification a donc dû longtemps échapper, et c'est seulement après qu'on est prévenu de leur existence, qu'on peut la mettre en évidence par le contour sinueux de leurs affleurements.

» Enfin, l'étude de la nappe charriée elle-même fournit aussi des résultats intéressants : on y constate que, dans le mouvement, les couches ont une tendance à glisser les unes sur les autres, tantôt produisant des cassures nettes analogues à celles du substratum, tantôt se poussant, se pressant avec froissements et plis multiples, et tendant à se chevaucher les unes les autres : les coupes de la montagne Sainte-Barbe et celle de Rochebelle (pli

du Cendras) sont particulièrement instructives à cet égard : on peut presque dire que le mode de plissement et l'allure des bancs permettent *a priori* de distinguer la nappe charriée du substratum.

» Ces diverses constatations sont identiques à celles que j'ai faites en Basse Provence ; elles mettent bien en évidence le fait déjà signalé par moi, que les chaînes successives ne sont qu'une répétition, étroitement calquée, des mêmes phénomènes. Elles permettent de considérer comme générales les lois qui en ressortent pour le mécanisme du charriage :

» Les masses mises en mouvement agissent avec une force irrésistible, et en même temps avec un douceur extraordinaire, qui tient à la lenteur du mouvement (certainement moins d'un mètre en cinq ans), et qui leur permet de transporter, sans les écraser, ni les abîmer d'aucune manière, les couches les plus délicates et les plus fragiles, comme des couches de houille (1).

» Elles agissent sans violence, mais elles écartent tout ce qui leur fait obstacle, et rabotent ainsi toutes les saillies préexistantes du substratum ; sur les bords de la saillie rabotée, elles *retroussent* les couches en forme de cuvettes renversées et tronquées.

» Elles transportent avec elles, soit en masse, soit sous forme de fragments, les parties rabotées, et les disséminent dans les dépressions préexistantes du substratum ; quelquefois aussi elles entraînent plus ou moins loin des *lames* détachées par adhérence. Les failles horizontales ainsi déterminées ont été plissées postérieurement avec les couches.

» Souvent le retroussement des couches du substratum est suivi d'un arrachement de la partie renversée de la cuvette ; on a ainsi des portions plus ou moins étendues de nappes renversées, qu'on a appelées *lambeaux de poussée,* et qui jalonnent irrégulièrement la base de la nappe charriée. Ces nappes renversées ont été également plissées avec les couches ; elles l'ont été quelquefois *jusqu'au renversement,* et les couches se trouvent ainsi localement remises en position normale. C'est le cas qui se présente pour la série classique des Martigues, auprès de Marseille.

» La nappe charriée s'est en général mue en masse, tout d'un bloc, si bien que ses couches ne présentent aucune trace de dérangement ni d'altération. Pourtant des glissements relatifs peuvent se produire suivant les

---

(1) Voir l'exemple du bassin houiller de Silésie (*Bull. Soc. Géol.,* 3e série, t. XXVI, p. 647).

bancs, surtout au voisinage des assises marneuses, qui se trouvent ainsi supprimées par une *lacune mécanique*, que rien ne distingue d'abord, si ce n'est l'irrégularité de ses intermittences, d'une lacune sédimentaire. Il peut aussi s'y produire des cassures nettes, avec déplacement relatif plus ou moins considérable dans le sens du mouvement, c'est-à-dire dans le sens horizontal.

» Mais ces glissements relatifs sont surtout développés à la base de la série, *qui s'écrase et s'étire dans toutes les proportions*. Au-dessus d'un étage de base, qui s'étale sur la surface de charriage et joue en quelque sorte le rôle de lubréfiant (le Trias dans les Alpes et en Provence), la masse charriée, régulière dans ce qui en reste, débute par un terme quelconque, souvent très élevé dans la série. Les étages intermédiaires manquent complètement ou ne sont représentés que par quelques couches très amincies. L'étage de base, avec les lames de charriage et les lambeaux de poussée, a rempli les dépressions préexistantes du substratum, où il s'est souvent amassé avec une grande épaisseur.

» Enfin, il arrive en certains points que la nappe charriée, par sa masse, fait elle-même obstacle à son propre mouvement : alors les couches se pressent, se froissent, s'entassent et se chevauchent, en produisant les plis les plus énergiques des régions de montagnes.

» Telle est en résumé la description et la synthèse des diverses phases que j'ai pu observer dans le phénomène. Mais cet aperçu serait incomplet si l'on ne faisait entrer en ligne de compte quelques-uns des exemples observés dans les grandes Alpes.

» La nappe charriée a une épaisseur énorme, de plusieurs milliers de mètres; c'est ce qui, avec la lenteur du mouvement, lui permet de s'avancer sans se disloquer. Mais, de plus, elle n'avance pas tout entière à l'air libre; la base au moins, en certains points, s'avance en pénétrant souterrainement dans les couches du substratum et en y faisant sa trouée. C'est ce qu'on voit avec évidence au mont Jolly, où une série de plis horizontaux superposés dessinent des dents à échancrures très profondes, entre lesquelles se moulent les premières couches en longues sinuosités de plusieurs kilomètres, tandis que les couches supérieures suivent le même dessin en l'atténuant progressivement, et que les couches tertiaires du Flysch qui, sans doute, se déposaient encore pendant le mouvement, n'en sont plus qu'à peine affectées. C'est encore ce que montre le *double pli* de Glaris, qui n'est très probablement qu'un *pli unique*, qui, à l'est, avec ses

50^{km} de développement horizontal, disparaît brusquement sous le Flysch, sous lequel il doit nécessairement se continuer, avec les mêmes pénétrations en forme de coins et avec le moulage progressivement atténué de leurs intervalles, que l'on observe au mont Jolly.

» D'après les observations faites dans les différentes chaînes, on a déjà été conduit à attribuer aux charriages horizontaux des amplitudes atteignant 200^{km}; la théorie, comme je le montrerai, mène à augmenter encore sensiblement ce nombre. En tout cas, quelle que soit son amplitude, incontestablement très grande, le phénomène de charriage suffit à lui seul pour produire, avec tous ses détails, la structure plissée des montagnes; et une partie au moins de cette structure se forme souterrainement, sous des couches encore immergées, dont la forme superficielle en est à peine affectée. Une autre partie s'en produit peut-être à l'air libre; mais rien n'indique, dans l'analyse du phénomène, que cette production soit accompagnée d'une saillie importante du sol. L'examen direct de certaines chaînes montre même que le charriage s'est terminé, et avec lui la structure essentielle de la chaîne, *sans qu'il y ait eu émersion.* C'est le cas pour la Provence. Les phénomènes de charriage se suivent là avec toute leur amplitude jusqu'à l'endroit où la chaîne de la Nerthe disparaît sous la mer; ils devaient donc, par continuité, se poursuivre encore très loin vers l'ouest, jusque vers les Pyrénées, où d'ailleurs on les retrouve. Si le charriage avait formé une chaîne saillante, elle aurait fait obstacle à la pénétration des eaux marines dans la vallée du Rhône; or, non seulement ces eaux y pénètrent, sous forme de lagunes saumâtres, dès le début de l'oligocène, c'est-à-dire immédiatement après la fin des grands mouvements, mais à la base de la série oligocène discordante, M. Vasseur vient de trouver, *avec les mêmes fossiles,* des couches éocènes qui figurent aussi dans la série affectée par les charriages; la mer pénétrait donc *avant la fin* des grands mouvements, qui par conséquent à aucun moment n'ont dressé là de barrière, si basse qu'on veuille la supposer. L'émersion n'a eu lieu que postérieurement, isolant le bassin du Rhône, où les eaux oligocènes se sont alors progressivement dessalées. On constate une histoire semblable pour les massifs isolés qu'on considère comme les débris de la chaîne houillère; cette chaîne n'a jamais élevé d'autre partie saillante que ces prétendus débris, et elle les a élevés progressivement, après le charriage, et après la formation souterraine de la structure plissée.

» On voit donc se dégager, sous une forme inattendue, l'histoire d'une

chaîne de montagne : c'est d'abord, comme on le sait depuis longtemps, sur l'emplacement de la future chaîne, la formation d'une grande cuvette *géosynclinale,* où s'entassent les matériaux avec lesquels la chaîne sera construite; l'observation montre encore que cette cuvette se forme dissymétrique, et que son fond (en Europe du moins) va toujours en s'enfonçant vers le sud. Il se forme alors sur un des bords (toujours le bord sud en Europe) un bourrelet, qui, se trouvant sans contrepoids, se met en mouvement et descend recouvrir la cuvette, en en entraînant avec lui toute la partie méridionale; la cuvette se double en quelque sorte par un phénomène de charriage, dont le mécanisme obéit à des lois constantes et très simples, et qui suffit, par les entraînements produits, par la pénétration de la base dans les couches en formation, par les glissements relatifs des couches qui se pressent et se chevauchent, à créer la structure plissée caractéristique des régions montagneuses [1]. De plus, pendant tout ce temps, les tensions qui rident continuellement l'écorce terrestre suivant les lignes fixes d'un réseau orthogonal (*Comptes rendus,* 22 février, 1892) déterminent la formation progressive de plis dans l'ensemble de la cuvette géosynclinale et de la nappe charriée; mais toute cette structure complexe se produit sans qu'il y ait élévation permanente, ni même souvent émersion de la chaîne future; c'est postérieurement seulement qu'une élévation d'ensemble crée la montagne au sens géographique, amène en saillie la zone plissée, et permet ainsi à l'érosion d'en mettre la structure en évidence. S'il se formait actuellement une chaîne de montagne, c'est sous la mer qu'il faudrait en chercher l'emplacement, et le travail, prodigieusement lent, pourrait se faire sans que rien le trahît à la surface des eaux.

» J'espère pouvoir montrer prochainement que l'explication de cette série de phénomènes peut se faire rationnellement, conformément aux principes les plus simples, et que l'application à ces phénomènes des théorèmes généraux de la Mécanique permet de prévoir d'autres conséquences intéressantes. »

---

(1) La possibilité de la formation des plis comme conséquence du charriage a déjà été indiquée par Reyer (*Theoretische Geologie*), en partant d'un point de vue très différent.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les volumes moléculaires de quelques dérivés du camphre.* Note de MM. **A. Haller** et **P.-Th. Muller.**

« L'étude du volume moléculaire est le complément naturel de notre travail sur les propriétés optiques de certains composés du camphre ([1]). Il nous a suffi de soumettre au calcul les matériaux accumulés dans nos recherches optiques.

» Jusqu'à présent, on s'est occupé principalement du volume moléculaire des corps homogènes purs et des substances dissoutes dans l'eau. Il est probable cependant que des dissolvants organiques tels que le benzène ou le toluène n'altèrent pas profondément le volume moléculaire des corps dissous, si bien qu'il sera permis d'employer les coefficients déterminés par M. J. Traube ([2]) pour les corps homogènes.

» Nous rappelons d'abord quelques définitions. Un corps homogène de poids moléculaire M et de densité d a pour volume moléculaire $\frac{M}{d}$. Si le corps est dissous, en désignant par S le poids du dissolvant qui tient en dissolution le poids (moléculaire) M de matière, par d la densité de la solution, par d' celle du dissolvant pur, à la même température, le volume moléculaire du corps dissous V est donné par l'expression

$$V = \frac{M+S}{d} - \frac{S}{d'}.$$

» Toutes nos densités ont été prises à la température constante de 20°; elles sont rapportées au vide et à l'eau à 4° (d_4^{20}). Le dissolvant est le toluène pur $d_4^{20} = 0,8662$.

» Nous avons trouvé pour le volume moléculaire du camphocarbonate de méthyle pur, qui est liquide, 194,08, tandis que pour la solution toluénique $\frac{1}{4}$ normale, le vol. mol. = 192,04; différence, 2,04. De même, le volume moléculaire du camphorate de méthyle liquide et pur est 211,51,

---

([1]) *Comptes rendus*, t. CXXVIII, p. 1370; t. CXXIX, p. 1005; 1899. Dans ce dernier Mémoire, il s'est glissé quelques erreurs. Dans la colonne *nom de la substance, il faut lire* benzylcamphre $C^{17}H^{22}O$, et pipéronylcamphre $C^{18}H^{22}O^{3}$, *au lieu de* benzylidènecamphre $C^{17}H^{20}O$ et pipéronylidènecamphre $C^{18}H^{20}O^{3}$.

([2]) *Sammlung Chem. Vorträge*, p. 273 et 275; 1899.

et dans la solution toluénique $\frac{1}{4}$ normale 209,91; différence, 1,60. Les résultats de nos calculs peuvent donc être considérés comme approchés, à environ deux unités près, par rapport aux nombres donnés par des corps homogènes.

» Voici le Tableau qui résume nos expériences :

Nom de la substance.	Formule.	Poids moléculaire.	Normalité approximative de la liqueur.	Poids du corps dans 100gr de solution.	d_4^{20} de la solution.	Volume moléculaire trouvé cm³.	Volume moléculaire calculé cm³.	Différence cm³.
Benzylidène camphre...........	$C^{17}H^{20}O''|^{=}_{4}$	240	$\frac{1}{2}$	13,4718	0,8879	226,8	247,2	20,4 } Moy.
Id........................	Id.	240	$\frac{1}{4}$	6,7828	0,8771	226,5	»	20,7 } 20,55
Cuminal camphre..............	$C^{20}H^{26}O''|^{=}_{4}$	282	$\frac{1}{8}$	4,0253	0,8717	274,3	295,5	21,2
Orthométhylbenzylidène c. ou salicylal camphre............	$C^{18}H^{22}O''O^{<}|^{=}_{4}$	270	$\frac{1}{4}$	7,5960	0,8807	244,4	268,8	24,4
Métaméthylbenzylidène camphre.	Id.	»	$\frac{1}{4}$	7,6514	0,8803	246,6	»	22,2
Paraméthylbenzylidène camphre ou anisal camphre...........	Id.	»	$\frac{1}{4}$	7,6021	0,8805	244,9	»	23,9
						Moyenne...		22,5
Benzyl camphre................	$C^{17}H^{22}O''|^{=}_{3}$	242	$\frac{1}{2}$	13,6044	0,8863	232,8	255,1	22,3 } Moy.
Id.......................	Id.	»	$\frac{1}{4}$	6,8537	0,8764	232,0	255,1	23,1 } 22,7
Cuminyl camphre..............	$C^{20}H^{28}O''|^{=}_{3}$	284	$\frac{1}{5}$	6,5058	0,8740	282,7	303,4	20,7
Éthylsaligényl camphre........	$C^{19}H^{26}O''O^{<}|^{=}_{3}$	286	$\frac{1}{5}$	6,5882	0,8765	271,4	292,8	21,4
Métaméthoxybenzyl camphre...	$C^{18}H^{24}O''O^{<}|^{=}_{3}$	272	$\frac{1}{5}$	6,2071	0,8770	251,6	276,7	25,1 (liq.)
Paraméthoxybenzyl camphre ou anisyl camphre.............	$C^{18}H^{24}O''O^{<}|^{=}_{3}$	272	$\frac{1}{4}$	7,7745	0,8795	253,0	276,7	23,7
						Moyenne...		22,7
Camphre......................	$C^{10}H^{16}O''$	152	$\frac{1}{4}$	4,3497	0,8703	156,6	180,4	23,8
Bornéol......................	$C^{10}H^{18}O'$	154	$\frac{1}{4}$	4,4285	0,8700	160,2	183,4	23,2
Camphocarbonate de méthyle..	$C^{12}H^{18}O''_2\,O^{<}$	210	$\frac{1}{4}$	5,9677	0,8771	192,0	217,4	25,4 (liq.)
						Moyenne...		24,1
Pipéronal camphre............	$C^{18}H^{20}O''O^{<}_{2}|^{=}_{2}$	284	$\frac{1}{8}$	4,0420	0,8756	241,0	268,1	27,1
Pipéronyl camphre............	$C^{18}H^{22}O''O^{<}_{2}|^{=}_{3}$	286	$\frac{1}{4}$	8,1141	0,8846	245,4	276,0	30,6
Succinate neutre de bornéol (température 25°)...........	$C^{24}H^{38}O''_2\,O^{<}_{2}$	390	$\frac{1}{4}$	11,0198	0,8790 (25°)	370,9	404,1 (25°)	33,2
Camphorate méthyle...........	$C^{12}H^{20}O''_2\,O^{<}_{2}$	228	$\frac{1}{4}$	6,4788	0,8777	209,9	229,1	19,2
Id. pur.......	Id.	228		100,0000	1,0779	211,51	»	17,6
Camphocarbonate de méthyle pur.	$C^{12}H^{18}O''_2\,O^{<}_{2}$	210		100,0000	1,0820	194,08	217,4	23,3

» La colonne des volumes moléculaires calculés a été obtenue à l'aide de la formule de M. J. Traube

$$V = \Sigma a - N - L + C.$$

» Les coefficients atomiques a sont :

Pour C.	Pour H.	Pour O″ et O< (carboxyle).	Pour O′ (oxyhydrile).
9,9	3,1	5,5	2,3

N est un coefficient qui dépend de la nature et du nombre des noyaux ou chaînes fermées. Nous n'avons pris en considération que le noyau hexaméthylénique, laissant provisoirement de côté les autres noyaux de nos molécules. Pour la chaîne hexaméthylénique N vaut 8,1.

» L est un coefficient proportionnel au nombre de doubles liaisons |=; il est égal à 1,7 pour chaque double liaison.

» Ainsi, le décrément total pour le noyau benzénique est

$$8,1 + 3 \times 1,7 = 8,1 + 5,1 = 13,2$$

(benzyl-camphre et analogues). Le décrément total pour un noyau benzénique et une double liaison est $13,2 + 1,7 = 14,9$ (benzylidènecamphre et analogues).

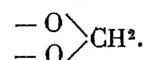
» Enfin C désigne un covolume, le même pour toutes les molécules, et qui varie un peu avec la température (suivant M. J. Traube, proportionnellement à la température absolue); à 20°, on a $C = 26,3$; à 25°, $C = 26,7$. Les coefficients *a*, N, L sont sensiblement indépendants de la température. On voit, d'après cela, qu'en admettant la règle de Traube et en supposant nos molécules non associées, la différence (calculé — trouvé) représente précisément la *somme des décréments des noyaux* dont nous n'avons pas tenu compte.

» Les corps étudiés se classent en quatre groupes d'après le nombre de leurs noyaux :

» 1° *Un seul noyau :* camphorate de méthyle; décrément 19,2. Le décrément du corps pur, non dissous, est 17,6. Nous nous réservons d'étudier d'autres corps du même type.

» 2° *Deux noyaux :* dérivés proprement dits du camphre : camphre, bornéol, camphocarbonate de méthyle, et, puisqu'il nous est possible de défalquer le noyau benzénique, nous classons dans la même catégorie les corps de la formule du benzylidènecamphre et du benzylcamphre. Le décrément est, en moyenne, de 23 (sur treize corps étudiés). Les extrêmes sont 20,6 et 25,4; les divergences sont peut-être dues en partie à des traces d'association, ou, en ce qui concerne le métaméthoxybenzylcamphre (qu'on n'a pu obtenir qu'à l'état liquide), à un produit plus hydrogéné, au composé $C^8H^{14}\left\langle \begin{array}{l} CH.CH^2.C^6H^4 - CH^3 \\ | \\ CH\,OH \end{array} \right.$ par exemple.

» 3° *Trois noyaux* (en défalquant la chaîne benzénique) : pipéronal et pipéronylcamphre. Aux deux noyaux du camphre vient s'ajouter ici le chaînon pipéronylique



» Le décrément total est maintenant en moyenne de 29; le chaînon pipéronylique augmente le décrément du camphre d'environ 6 unités.

» 4° *Quatre noyaux :* succinate neutre de bornéol. Ce corps renferme deux fois les noyaux du camphre. Le décrément a encore augmenté, nous trouvons 33,2; mais cet exemple semble montrer que la loi d'addition des décréments nucléaires ne saurait être absolument générale; deux noyaux camphre nous donneraient, par addition, un décrément égal à 46.

» En résumé, il résulte de nos expériences (que nous nous proposons d'ailleurs de compléter), que le décrément de volume correspondant aux deux noyaux admis actuellement dans le camphre est d'environ 23^{cc}, du moins pour les solutions toluéniques qui sont à peu près quart normales. Ce nombre, que nous considérons encore comme provisoire, permettra néanmoins de fixer d'une manière suffisante le poids moléculaire des composés du camphre par la méthode des densités. Il permettra aussi de déceler l'existence et la production de nouvelles chaînes fermées dans les molécules dérivées du camphre. »

GÉOGRAPHIE. — *Matériaux d'étude topologique pour l'Algérie et la Tunisie;* par M. **Bassot.**

« J'ai l'honneur de présenter à l'Académie le dixième Fascicule des *Cahiers du Service géographique de l'Armée,* qui vient d'être composé sous ma direction.

» Les *Cahiers du Service géographique* constituent une publication inaugurée en 1895 et réservée en principe aux officiers du Service, qui est destinée à faire connaître les études spéciales que certains d'entre eux ont pu faire sur les divers sujets intéressant les travaux de l'établissement.

» Le dixième Fascicule constitue le premier terme d'une série intitulée : *Matériaux d'étude topologique pour l'Algérie et la Tunisie.*

» Il contient, pour treize feuilles, des cartes régulières de ces deux pays :

» 1° Des *Croquis techniques* donnant le tracé des affleurements des principaux bancs saillants de roches dures, le sens de leur pendage et sa valeur approximative, le tout mis en regard d'une réduction photographique des minutes mêmes des levés des feuilles correspondantes;

» 2° Des Notices décrivant la structure et les principaux caractères topographiques de la région, étudiée sur place d'après les cartes géologiques

existantes et aussi parfois avec le très obligeant concours de géologues qualifiés;

» 3° Des Vues pittoresques communiquées par les officiers topographes.

» Le Service géographique de l'Armée n'a pas eu la prétention de faire ici œuvre géologique : c'eût été sortir de son rôle et de sa compétence. Depuis 1896, il est prescrit aux officiers des brigades topographiques de recueillir, au cours de leurs levés, les documents dont il s'agit, pour que leurs matériaux réunis fassent la base d'une figuration rationnelle des formes du terrain. Les planches du Fascicule 10 permettront d'apprécier si, ainsi comprise et s'inspirant des doctrines nouvelles, leur topographie est expressive et vraiment fidèle. »

NOMINATIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à la nomination d'une Commission de six Membres, qui sera chargée de présenter une liste de candidats pour une place d'Associé étranger. Cette Commission doit comprendre trois Membres choisis dans les Sections de Sciences mathématiques, et trois dans les Sections de Sciences physiques.

MM. **Faye**, **Darboux**, **Cornu**, **Berthelot**, **Van Tieghem**, **Marey** réunissent la majorité des suffrages.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à la formation d'une liste de deux candidats qui devront être présentés à M. le Ministre de l'Instruction publique pour la chaire d'Embryogénie comparée, vacante au Collège de France.

Au premier tour de scrutin, destiné à la désignation du premier candidat, le nombre des votants étant 37,

M. Henneguy obtient. . . . . . 37 suffrages

Au second tour de scrutin, destiné à la désignation du second candidat, le nombre des votants étant 31,

M. Roule obtient . . . . 31 suffrages

En conséquence, la liste présentée par l'Académie à M. le Ministre sera composée comme il suit :

En première ligne . . . . M. **Henneguy**
En seconde ligne. . . . . M. **Roule**

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à la nomination d'un Correspondant pour la Section de Géométrie.

Au premier tour de scrutin, le nombre des votants étant 34,

M. Mittag-Leffler obtient. . . . . . . 33 suffrages,
M. Gordan. . . . . 1 »

M. **Mittag-Leffler**, ayant réussi la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à la nomination d'un Correspondant pour la Section de Géographie et Navigation.

Au premier tour de scrutin, le nombre des votants étant 32,

M. Bienaymé obtient. . . . . 32 suffrages.

M. **Bienaymé**, ayant réuni l'unanimité des suffrages, est proclamé élu.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à la nomination de Commissions de prix chargées de juger les concours de 1900.

Le dépouillement des scrutins donne les résultats suivants :

Prix Lalande (*Astronomie*). — MM. Lœwy, Callandreau, Faye, Janssen, Wolf.

Prix Plumey. — MM. de Bussy, Sarrau, Maurice Lévy, Léauté, Guyou.

Prix Montyon (*Mécanique*). — MM. Léauté, Maurice Lévy, Sarrau, Marcel Deprez, Sebert.

Prix extraordinaire de six mille francs. — MM. Guyou, Bouquet de la Grye, de Bussy, Sarrau, de Jonquières.

Prix Poncelet. — MM. Poincaré, Darboux, Sarrau, Picard, Jordan.

CORRESPONDANCE.

M. le **Président** annonce à l'Académie la perte qu'elle vient de faire dans la personne de M. *Marion,* Correspondant pour la Section d'Anatomie et de Zoologie, Professeur à la Faculté des Sciences de Marseille et Directeur du Musée d'Histoire naturelle de cette ville.

M. A. **Milne-Edwards** ajoute :

« M. Marion avait su donner une forte impulsion aux recherches zoologiques et créer à Marseille une école très active et très vivante. Dans le laboratoire maritime d'Endoume, il étudiait les animaux du golfe et les questions relatives à la Pisciculture. A la Faculté des Sciences, il réunissait de nombreux élèves, qu'il savait captiver et retenir. Il fit partie de toutes les campagnes du dragage du *Travailleur* et du *Talisman* et réunit ainsi de précieux matériaux qu'il n'eut pas le temps de faire connaître.

» Sous le titre d'*Annales du Muséum de Marseille*, il avait fondé un superbe Recueil, dans lequel il insérait ses propres travaux et ceux de ses élèves.

» Sa mort est un deuil pour la Science. »

M. le **Président** annonce à l'Académie la mort de M. *David-Edward Hugues,* très connu par ses importants travaux sur la télégraphie, la téléphonie et le magnétisme.

M. Hugues a fait une partie de ses recherches en France, où son télégraphe imprimant a été adopté par l'Administration. Sa balance d'induction est aussi un appareil très apprécié.

M. **Péron**, nommé Correspondant pour la Section de Minéralogie, adresse ses remercîments à l'Académie.

ASTRONOMIE. — *Observation des Léonides en Russie en* 1899. Note de M. S. de Glasenapp, présentée par M. Lœwy.

« L'observation des Léonides en novembre 1899 a été organisée sur une grande échelle par l'observatoire de l'Université impériale de Saint-Pétersbourg. On a imprimé 1200 circulaires contenant le programme des observations et chaque circulaire fut accompagnée de deux Cartes de la constellation du Lion et de ses environs; c'est la copie de la Carte publiée par M. le Professeur E.-C. Pickering, Directeur de l'observatoire du Collège Harvard, à Cambridge (États-Unis de l'Amérique du Nord). Les circulaires ont été distribuées parmi les membres de la Société Astronomique de Russie et les journaux quotidiens de l'Empire, qui ont imprimé une reproduction autotypique de la Carte. En outre, grâce à l'aimable obligeance du Directeur de l'observatoire physique central Nicolas, M. Rykatcheff, les mêmes circulaires ont été transmises aux observatoires et stations météorologiques de l'Empire.

» Je regrette beaucoup de faire remarquer que, pendant les jours d'observations, le ciel en général n'était pas favorable; dans la plus grande partie de l'Empire il était couvert de nuages; néanmoins, de temps à autre, le ciel s'éclaircissait, et l'on a pu observer les Léonides en 34 stations. Voici le nombre total des Léonides qu'on a enregistré :

le 11	novembre	21	Léonides
» 12	»	37	»
» 13	»	187	»
» 14	»	394	»
» 15	»	89	»
» 16	»	17	»

» Le maximum de l'intensité du phénomène a eu lieu le 14 novembre à $14^h,3$ temps moyen de Paris.

» Toutes les observations originales ont été envoyées à M. E. Pickering, qui a annoncé qu'à l'observatoire du Collège Harvard on s'occupe de l'étude de cet essaim météorique. »

ASTRONOMIE. — *Sur le mouvement propre des étoiles voisines du Soleil.* Note de M. **Duponchel**, présentée par M. Poincaré.

« La valeur scientifique de la méthode employée par les astronomes pour se rendre compte du mouvement propre du Soleil m'ayant paru très contestable, j'ai été amené à penser qu'on arriverait à des résultats plus nets, plus concluants, en tout cas d'une manière plus simple, en substituant à la considération du mouvement apparent des étoiles, représenté par les deux composantes de sa vitesse, les signes seuls de ces composantes, qui, en conservant à chaque étoile son individualité distincte, font ressortir le caractère essentiel de son mouvement, sa direction représentée par ces signes des composantes, qui, suivant qu'ils sont positifs ou négatifs, indiquent que l'étoile paraît se mouvoir en sens de rotation direct ou rétrograde, pour les ascensions droites; en branche ascendante ou descendante dans le sens du pôle Nord, pour la déclinaison.

» J'ai, en conséquence, opéré le dépouillement des signes des mouvements de nombreuses séries d'étoiles, tant en Æ qu'en déclinaison, en les groupant par fuseaux horaires, et je suis toujours arrivé à des résultats, de prime abord analogues à ceux qui résulteraient d'une action du Soleil caractérisée :

» En Æ par la prédominance du signe + dans l'hémisphère gauche, du signe — dans l'hémisphère droit, des deux côtés du plan horaire VI à XVIII;

» En déclinaison par la prédominance constante du signe — dans les vingt-quatre fuseaux sans exception; caractères qui sont bien ceux qu'un corps en marche paraît imprimer aux objets immobiles qui l'entourent.

» S'ensuit-il qu'on doive nécessairement considérer ce double résultat comme exclusivement dû à l'action parallactique du Soleil? Ne provient-il pas, en tout ou en partie, du mouvement propre des étoiles elles-mêmes? Telle est la double question à laquelle j'ai à répondre.

» Ce qu'on doit surtout considérer comme certain, avec le mode de notation que j'ai adopté, c'est que l'action parallactique exercée par le Soleil ne peut être mise en évidence, indiquée par un changement de signe, que si la composante en déplacement réel du Soleil est réellement supérieure à celle de la composante réelle de l'étoile dans le même sens.

» Si nous pouvions prendre une série d'étoiles ayant toutes une vitesse supérieure à celle du Soleil dans leurs deux composantes, l'action du So-

leil paraîtrait nulle, puisqu'elle ne pourrait changer aucun signe; elle serait au contraire prédominante sur tous les signes, si les deux composantes du Soleil étaient respectivement supérieures à celle de toutes les étoiles.

» Si nous convenons de représenter par A (pour l'ascension droite) et par B (pour la déclinaison) le rapport $\frac{n}{N}$, en désignant par N le nombre total des étoiles de la série envisagée et par n le nombre des étoiles dont le mouvement propre a un signe conforme à la loi énoncée plus haut, ces deux rapports A et B devront nécessairement varier, si nous les déterminons pour des séries différentes, suivant la vitesse plus ou moins grande des étoiles; mais ce qui est incontestable, c'est que le rapport entre les deux nombres A et B devrait rester sensiblement constant, si l'effet produit était exclusivement dû à l'action uniforme du Soleil.

» Or, il est facile de constater que cette constance n'existe pas.

» Si je prends, en effet, l'ensemble des 2640 étoiles du catalogue Bossert, je trouve pour celles qui ont un signe effectif :

En Æ.............	N = 3343	n = 880	A = 0,376
En déclinaison......	— 2428	— 1250	B = 0,516

» Si maintenant je différencie les étoiles en séries extrêmes comprenant, d'une part, celles qui ont la plus grande vitesse apparente $d\alpha > \pm 0^s,025$ en ascension droite, qui ont à la fois la plus grande vitesse réelle et sont le plus rapprochées de nous, je trouve :

En Æ.............	N = 504	n = 358	A = 0,718
En déclinaison.....	— 473	— 126	B = 0,245

» Si je prends, comme série extrême opposée, les étoiles pour lesquelles $d\alpha < \pm 0,010$, qui sont les plus éloignées et celles qui ont la moindre vitesse réelle probable, les rapports deviennent

En Æ.............	N = 814	n = 142	A = 0,174
En déclinaison.....	— 772	556	B = 0,720

» Ces résultats sont aussi discordants que possible; au lieu de marcher dans le même ordre, les nombres respectifs varient en sens inverse, A décroissant dans le rapport de 4 : 1, B en augmentant dans celui de 1 : 3.

» De tels chiffres ne peuvent se concilier avec l'hypothèse de l'effet exclusif de l'action parallactique du Soleil, s'exerçant dans les deux cas. Cette hypothèse est plus particulièrement inadmissible pour celui des étoiles à grande vitesse, car, si l'on devait attribuer au Soleil l'effet parallactique si énergiquement caractérisé en Æ, il faudrait admettre que la composante au

Soleil dans cette direction correspond à une vitesse du Soleil énorme, supérieure à celle des $\frac{3}{6}$ des étoiles de la série, et l'effet produit devrait à plus forte raison se reproduire dans les étoiles de la deuxième série, à petite vitesse, qui devraient en très grande majorité présenter ce caractère qui ne s'y retrouve, au contraire, que dans la *proportion* infime de $\frac{14}{100}$.

» L'action parallactique du Soleil est donc complètement étrangère au cas des étoiles de la première série; nous ne pouvons la chercher que dans la deuxième, composée des étoiles à faible vitesse, inférieure à celle du Soleil, dont l'action ne serait représentée que par une proportion insignifiante ou nulle en Æ; générale au contraire, presque complète dans le cas de la déclinaison, où l'action inversée du mouvement du Soleil serait représentée par un excédent moyen de 0,72.

» En résumé, et comme résultant des faits ci-dessus, je crois pouvoir formuler comme certaines les conclusions ci-après :

» 1° Le Soleil a bien effectivement un mouvement propre dans le plan de l'heure VI à XVIII où il se trouve au voisinage de son nœud ascendant vers l'heure XVIII; la composante de sa vitesse étant nulle ou très faible dans le sens de Æ, à son maximum dans le sens de la déclinaison.

» 2° Mouvement général caractérisé surtout dans les étoiles lointaines, dont la vitesse, généralement inférieure à celle du Soleil, se trouve masquée par l'action parallactique de ce dernier dans le sens de la déclinaison; avec des caractères distinctifs peu marqués dans le sens de Æ, bien que certains indices me portent à croire que ce mouvement serait de sens rétrograde.

» 3° Enfin, conclusion à la fois la plus rigoureuse et la plus importante :

» Mouvement propre spécial à une certaine catégorie d'étoiles, dont notre Soleil fait partie, caractérisée par des vitesses en général supérieures à celles du Soleil, dont quelques-unes très grandes, présentant, dans le sens de Æ, une apparence de mouvement de sens opposé, des deux côtés de l'orbite du Soleil, analogue dès lors à celle qui pourrait résulter d'une action parallactique de cet astre, mais qui, en réalité, lui est entièrement étranger, mais peut aussi bien s'expliquer en admettant que l'orbite solaire coupe les étoiles de son groupe en deux moitiés symétriques, dont les étoiles, bien qu'ayant, en fait, des mouvements de même nature et de même sens autour d'un axe ou centre commun, paraîtraient tourner en sens différent, les unes à droite, les autres à gauche, ainsi qu'elles le font pour un observateur qui, placé sur notre équateur terrestre, voit tourner les astres situés dans les deux hémisphères que sépare cet équateur. »

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les équations aux dérivées partielles.* Note de M. **H. Duport**, présentée par M. Appell.

« Je me propose d'exposer dans cette Note un résumé d'un Mémoire qui paraîtra prochainement dans le *Journal de Mathématiques pures et appliquées*.

» Je considère le système suivant des deux équations de Pfaff :

$$(1) \qquad \Sigma a_i dx_i = 0, \qquad \Sigma b_i dx_i = 0 \qquad (i = 1, 2, \ldots, 6),$$

où les quantités a_i et b_i sont des fonctions quelconques des quantités x_i.

» Ce système est particulièrement intéressant dans le cas où le nombre des variables arbitraires est de deux, car il constitue un système intermédiaire entre les équations du premier et du second ordre, et il paraît bien choisi pour s'occuper de la recherche des cas où l'on peut en trouver les solutions à l'aide d'équations différentielles ordinaires.

» Je pose les équations suivantes :

$$(2) \quad \begin{cases} (\lambda a_{i1} + \mu b_{i1})\Delta_1 + \ldots + (\lambda a_{i6} + \mu b_{i6})\Delta_6 + \alpha a_i + \beta b_i = 0, \\ \qquad - a_1 \Delta_1 \qquad\qquad\qquad - a_6 \Delta_6 = 0 \\ \qquad - b_1 \Delta_1 \qquad\qquad\qquad - b_6 \Delta_6 = 0 \end{cases} \qquad (i = 1, 2, \ldots, 6).$$

» Le déterminant de ces huit équations, où $\Delta_1, \ldots, \Delta_6, \alpha, \beta$ sont les inconnues, est un déterminant symétrique gauche d'ordre pair qui est, par suite, carré parfait. En écrivant qu'il est nul, on a une équation du second degré pour déterminer le rapport $\frac{\lambda}{\mu}$.

» Quand cette équation a ses racines égales, on peut obtenir les solutions du système (1) à l'aide d'équations différentielles ordinaires.

» Si l'on remarque que le système (1) est susceptible d'être ramené à une équation du second ordre à une seule fonction inconnue, ce cas est celui où les deux systèmes de caractéristiques sont confondus, et fait espérer que la proposition pourra être vraie dans le cas d'une équation quelconque du second ordre.

» Je considère maintenant le cas où l'équation en $\frac{\lambda}{\mu}$ a ses racines distinctes. L'une quelconque d'entre elles fournit pour $\Delta_1, \ldots, \Delta_6$ des expressions de la forme

$$\Delta_i = A_i + \omega B_i,$$

où ω est une arbitraire.

» Je pose les équations

$$(3) \qquad \Sigma A_i \frac{\partial F}{\partial x_i} = 0, \qquad \Sigma B_i \frac{\partial F}{\partial x_i} = 0.$$

» Quand ces équations ont deux solutions communes F_1 et F_2, on sait que l'équation

$$F_2 = f(F_1),$$

où f est une fonction arbitraire de son argument, est une intégrale intermédiaire des équations (1). Mais il y a une proposition plus générale qui est la suivante : lorsque les équations (3) ont une solution commune, on peut exprimer toutes les solutions de (1) au moyen de deux fonctions arbitraires de la même variable.

» Ce résultat paraîtra, je pense, intéressant si l'on considère qu'il renferme, en particulier, l'équation de Laplace dans le cas le plus général. »

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'existence des dérivées secondes du potentiel.* Note de M. **Henrik Petrini**, présentée par M. E. Picard.

« 1. *Dérivée seconde.* — Soit ρ une fonction finie et intégrable, et posons $V = \int \rho \frac{d\tau}{r}$, où $d\tau$ est l'élément de volume au point (ξ, η, ζ) et r la distance de cet élément au point (x, y, z). Pour étudier les dérivées secondes de V, nous pourrons nous borner à étendre l'intégrale à une sphère (de rayon a), décrite autour du point (x, y, z) comme centre. La dérivée $\frac{\partial^2 V}{\partial x^2}$ est la limite (pour $h = 0$) de la quantité A_h définie par la formule

$$A_h = \frac{1}{h}\left[\frac{\partial V(x+h, y, z)}{\partial h} - \frac{\partial V(x, y, z)}{\partial x}\right].$$

En introduisant les coordonnées polaires r, u, ψ par les formules

$$\xi - x = r\cos\theta, \qquad \eta - y = r\sin\theta\cos\psi, \qquad \zeta - z = r\sin\theta\sin\psi (\cos\theta = u),$$

nous pourrons mettre la fonction A_h sous la forme suivante :

$$A_h = W_h + P_h + \eta_h \qquad \lim_{h=0} \eta_h = 0$$

en posant

$$W_h = -\int_0^{2\pi} d\psi \int_{-1}^{1} (1 - 3u^2)\, du \int_h^a \rho(r, u, \psi) \frac{dr}{r},$$

$$P_h = -\int_0^{2\pi} d\psi \int_{-1}^{1} du \int_0^1 \rho(ht, u, \psi) \left[\frac{1 - tu}{(1 - 2tu + t^2)^{\frac{3}{2}}} + \frac{u}{t^2} \right] t^2\, dt$$

$$- \int_0^{2\pi} d\psi \int_{-1}^{1} du \int_1^{\infty} \rho(ht, u, \psi) \left[\frac{1 - tu}{(1 - 2tu + u^3)^{\frac{3}{2}}} + \frac{u}{t^2} - \frac{1 - 3u^2}{t^3} \right] t^2\, dt,$$

$$P_x = \lim_{h=0} P_h = -\int_0^{2\pi} d\psi \int_{-1}^{1} \rho_0 \left[5u^2 + 3u - 1 - (1 - 3u^2) \log \frac{1-u}{2} \right] du,$$

en posant $\rho_0 = \lim_{h=0} \rho(ht, u, \psi)$. Si ρ est continue, ρ_0 sera indépendante de u et ψ, et l'on trouvera $P_x = -\frac{4}{3}\pi\rho_0$. En posant $W_x = \lim_{h=0} W_h$, nous aurons

$$\frac{\partial^2 V}{\partial x^2} = W_x + P_x$$

et deux équations analogues pour y et z. *La condition nécessaire et suffisante pour l'existence de la dérivée* $\frac{\partial^2 V}{\partial x^2}$, *est donc qu'existe la quantité* W_x, *si seulement on suppose que les fonctions* ρ *et* ρ_0 *soient finies et intégrables.*

» *Remarque.* — La quantité P_x jouit de la propriété que l'intégrale $\int \left(P_x + \frac{4}{3}\pi\rho\right) d\tau$ est égale à zéro pour tout domaine d'intégration.

» 2. *Équation de Poisson modifiée.* — Si les quantités W_x, W_y, W_z existent, elles jouissent de la propriété que leur somme est nulle, d'où résulte la formule

$$\Delta V = P_x + P_y + P_z,$$

qui, pour le cas où ρ est continue, se réduit à l'équation de Poisson $\Delta V = -4\pi\rho$. Cette dernière formule peut être établie, si ρ est continue, sans qu'on suppose l'existence des dérivées secondes, seulement en définissant le symbole Δ de la manière suivante :

$$\Delta V = \lim (A_{h_1} + B_{h_2} + C_{h_3}), \qquad \lim \frac{h_\lambda}{h_\mu} \neq 0,$$

où B_{h_2} t C_{h_3} ont un sens analogue à celui de A_{h_1}.

» 3. *Cas spéciaux.* — Nous citerons ici quelques cas spéciaux qui font conclure à l'existence des dérivées secondes :

» 1° Si $\lim\limits_{h=0}\int_h^a \rho \frac{dr}{r}$ existe, toutes les trois dérivées secondes $\frac{\partial^2 V}{\partial x^2}$, $\frac{\partial^2 V}{\partial y^2}$, $\frac{\partial^2 V}{\partial z^2}$ existent (¹);

» 2° Si ρ est une fonction de x et de ψ et si elle ne contient pas u, la dérivée $\frac{\partial^2 V}{\partial x^2}$ existe;

» 3° Si la dérivée $\frac{\partial \rho}{\partial \xi}$ existe, et si elle est intégrable dans les environs du point (x, y, z), la dérivée $\frac{\partial^2 V}{\partial x^2}$ existe;

» 4° Si deux des dérivées secondes de V existent, la troisième existe aussi.

» *Remarques.* — Des considérations précédentes, il suit que ρ peut être continue, sans que les dérivées secondes de V existent; par exemple, si

$$\rho = \frac{(\xi - x)^2}{r^2 \log \frac{1}{r}}.$$

» En effet, nous trouverons que $\frac{\partial^2 V}{\partial x^2} = \lim\limits_{h=0} A_h$ devient infinie au point (x, y, z) comme $-\frac{16}{15}\pi \log \log \frac{1}{h}$, quoique ρ soit continue en ce point. Dans ce cas, on a aussi $\Delta V = 0$, quoique $\frac{\partial^2 V}{\partial x^2}$ n'existe pas. »

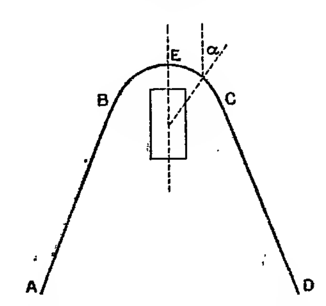
BALISTIQUE. — *Sur la loi de la résistance de l'air au mouvement des projectiles.* Note de M. **Paul Vieille**, présentée par M. Sarrau.

« Les expériences de Mach et de Boys ont montré qu'un projectile, se mouvant dans l'air à grande vitesse, détermine une perturbation brusque du milieu qui accompagne le projectile sous forme d'une ride ABCD formant une surface de révolution autour de son axe et dont la section méri-

(¹) Ce cas comprend, comme cas particulier, celui de M. Hölder. Voir Otto Hölder, *Beiträge zur Potentialtheorie*, § 4; Stuttgart, 1882.

dienne se compose de deux droites symétriques AB, CD et d'une courbe de raccordement BEC.

» La vitesse de propagation normale de cette onde est évidemment variable en chaque point et égale à $V\cos\alpha$, en désignant par α l'angle de l'axe et de la normale à la section méridienne au point considéré.



» L'expérience montre que la vitesse des rides rectilignes CD est égale à la vitesse normale du son, et c'est sur cette vérification qu'est fondé un mode élégant de mesure acoustique des vitesses des projectiles. Mais il est évident que, en E où $\cos\alpha = 1$, la vitesse de propagation est égale à la vitesse du projectile. Or, cette vitesse atteint avec les projectiles modernes des valeurs considérables, telles que 800^{m}, 1000^{m} et 1200^{m}.

» Un pareil phénomène ne peut être entretenu que par la formation d'une discontinuité dont la vitesse de propagation soit précisément égale à celle du projectile.

» Il semble que, pour les gros projectiles de rupture de la Marine dont la surface antérieure est sensiblement plane, la surface de l'onde BEC est assez surbaissée pour que le fonctionnement dans la région centrale, en face de la tête du projectile, soit assimilable à la propagation d'une onde plane, le rôle du projectile se réduisant à entretenir une discontinuité constante, malgré les déperditions latérales.

» J'ai cherché à comparer les valeurs des résistances de l'air obtenues expérimentalement pour ces grandes vitesses aux valeurs que la théorie assigne aux discontinuités assurant les mêmes vitesses de propagation.

» Riemann et Hugoniot ont montré que la vitesse V de propagation par onde plane dans un milieu en repos d'une discontinuité caractérisée par une différence finie $P_1 - P_0$ des pressions et $z_1 - z_0$ des dilatations est donnée par l'expression

$$V = \sqrt{-\frac{1}{\rho_0}\frac{P_1 - P_0}{z_1 - z_0}}$$

où ρ_0 désigne la masse de l'unité de volume du milieu en repos et où $z_0 = 0$.

» Cette vitesse dépend de la loi particulière qui lie P et z. On doit évidemment considérer la transformation comme adiabatique; mais Hugoniot a montré que la loi adiabatique *statique* des gaz parfaits, qui reste applicable même dans le cas des mouvements quelconques de la masse gazeuse si les transformations sont continues, cesse d'être vérifiée dans l'hypothèse d'une discontinuité.

» L'expression adiabatique statique

$$P_1 = P_0\left(\frac{1+z_0}{1+z_1}\right)^m$$

est remplacée par la relation

$$P_1 = P_0\frac{2(1+z_0)-(m-1)(z_1-z_0)}{2(1+z_0)+(m+1)(z_1-z_0)}.$$

» En substituant dans la valeur de V on obtient l'expression

$$V = \sqrt{\frac{1}{\rho_0}\frac{P_0}{2}\left[2m+(m+1)\frac{P_1-P_0}{P_0}\right]}$$

qui permet de calculer les variations brusques de pression susceptibles de se propager avec la vitesse V dans le milieu de densité ρ_0 à la pression P_0.

» Le Tableau suivant renferme pour diverses vitesses les valeurs de la résistance que l'air exerce par centimètre carré sur des projectiles à face antérieure sensiblement plane. Ces nombres résultent de la discussion des expériences balistiques les plus récentes (Gibert, 1895). Ils représentent la différence entre la surpression appliquée à la tête du projectile et la dépression appliquée au culot.

Vitesses des projectiles cylindriques.	Résistance en kilogrammes par centimètre carré observée.	Surpression théorique assurant la vitesse de propagation égale à celle du projectile.	Différence.
m	kg	kg	kg
400	1,25	1,58	0,33
600	3,26	3,78	0,52
800	6,23	6,85	0,62
1000	10,15	10,81	0,66
1200	15,01	15,64	0,63

» Si l'on tient compte de la dépression à l'arrière du projectile qui est d'autant plus grande que la vitesse est plus forte, on est conduit à consi-

dérer comme identiques les pressions réellement appliquées à l'avant d'un projectile plan en mouvement, et les valeurs que la théorie assigne à la discontinuité susceptible de se propager avec la même vitesse.

» Il importe de remarquer que cette coïncidence est liée à l'expression de la loi adiabatique dynamique et que la loi statique eût conduit à des valeurs notablement supérieures aux valeurs expérimentales. Ainsi, la vitesse de 1200^{m} exigerait une surpression de $17^{kg},24$, supérieure de $2^{kg},2$ à la résistance observée.

» Il est vraisemblable que la formule s'applique à des vitesses beaucoup plus considérables que la limite qui s'est trouvée fortuitement atteinte dans les vérifications expérimentales d'ordre balistique, et l'on peut lui demander quelques indications sur le fonctionnement de projectiles se mouvant avec des vitesses planétaires de quelques kilomètres à la seconde.

» Le Tableau suivant donne les valeurs des pressions et des températures correspondant à ces vitesses d'après la formule :

Vitesse du projectile.	Pressions.	Températures.
1200^{m}	$15^{kg},64$	680°
2000	43,8	1741
4000	175,6	7751
10000	1098	48490

» Sans attribuer à ces nombres une valeur absolue, on peut penser que l'incandescence des bolides, les érosions de leur surface et les ruptures qui accompagnent leur passage dans notre atmosphère, même en tenant compte de la raréfaction du milieu traversé, sont explicables par les valeurs des pressions et des températures que fait prévoir la loi de propagation des discontinuités. »

OPTIQUE. — *Sur la décomposition d'un mouvement lumineux en éléments simples*. Note de M. **Ch. Fabry**, présentée par M. A. Cornu.

« Un appareil dispersif (prisme, réseau, etc.) décompose tout mouvement lumineux en ses éléments sinusoïdaux. Cette loi, longtemps admise d'une manière plus ou moins implicite, peut être précisée de la manière suivante, comme l'a montré M. Gouy :

» Soit

$$x = F(t) \tag{1}$$

la loi du mouvement considéré. La fonction F peut, sous des conditions de continuité très générales et toujours satisfaites dans le problème qui nous occupe, être représentée par une intégrale de Fourier :

$$(2) \qquad F(t) = \int_0^\infty \varphi(q) \sin 2\pi(qt - \alpha)\, dq;$$

on dira alors que le mouvement représenté par l'équation (1) est la superposition d'une infinité de mouvements pendulaires, le mouvement de *fréquence* q ayant l'amplitude $\varphi(q)$ et la phase α. La répartition de l'énergie dans le spectre sera représentée, en fonction de la fréquence, par

$$W = [\varphi(q)]^2.$$

» Une objection, soulevée il y a quelques années par M. H. Poincaré ([1]), paraît *a priori* assez embarrassante : L'équation (2) représente la fonction F pour toutes les valeurs de t. Supposons que cette fonction soit nulle pour toute valeur de t supérieure à une certaine valeur t_1 ; pour $t > t_1$ le mouvement lumineux est éteint, et cependant l'équation (2) continue à représenter la fonction F (qui est alors nulle). Faut-il en conclure que le spectroscope continuera à montrer le même spectre, même après qu'on a éteint la source de lumière qui éclairait la fente?

» Si paradoxale que paraisse cette conséquence de la théorie, elle est parfaitement exacte. Un appareil dispersif *prolonge* la durée du mouvement lumineux, et, si cet appareil est suffisamment parfait, la durée de visibilité du spectre sera limitée, non pas par la durée du mouvement vibratoire, mais par la perfection plus ou moins grande du spectroscope. Un appareil dispersif *parfait* (dont le pouvoir de définition serait infini) prolongerait *indéfiniment* le mouvement lumineux. Je vais essayer de préciser ce résultat par un exemple assez simple pour qu'on puisse analyser complètement le mécanisme du phénomène.

» Supposons la fonction F ainsi définie :

$$\begin{array}{lll} F(t) = 0 & \text{pour} & t < 0, \\ F(t) = \sin 2\pi t & \text{pour} & 0 < t < n, \\ F(t) = 0 & \text{pour} & t > n, \end{array}$$

on a un mouvement pendulaire, de période 1, qui dure seulement pendant n périodes; le nombre n sera pris, par exemple, égal à 1000.

([1]) *Comptes rendus*, t. CXX, p. 757.

» La fonction F ainsi définie peut être représentée par une intégrale de Fourier. n étant assez grand, le calcul montre que l'amplitude $\varphi(q)$ n'a de valeur appréciable que si la fréquence q est voisine de 1 (celle du mouvement considéré), et l'on peut écrire, en négligeant des termes très petits,

$$\varphi(q) = \mathrm{A}\frac{\sin 2\pi(q-1)n}{2\pi(q-1)n}. \tag{3}$$

» Que nous dit le théorème de M. Gouy? Que dans le *spectre* de cette source lumineuse la répartition de l'intensité sera représentée par $[\varphi(q)]^2$, c'est-à-dire que l'on aura une *raie* brillante de fréquence $q = 1$, accompagnée de part et d'autre de satellites plus faibles. Il semble, de plus, que ce spectre doive briller indéfiniment.

» Consultons maintenant l'expérience directe. Faisons tomber normalement ce train d'ondes sur un réseau très puissant, ayant par exemple 100000 traits, et examinons le premier spectre : à l'instant 0, les 100000 traits entrent successivement en vibration, et ils s'arrêtent brusquement au temps $n = 1000$. Mais les mouvements émis par ces fentes ne parviennent pas tous en même temps en un point donné du plan focal de la lunette d'observation : le mouvement envoyé par le premier trait commencera au temps t_0 et durera jusqu'à $t_0 + 1000$; celui du second durera depuis $t_0 + 1$ jusqu'à $t_0 + 1001$, et ainsi de suite. Le mouvement qui constitue le spectre durera non pas 1000 unités de temps, mais environ 100000; il est limité non par la durée du mouvement incident, mais par le nombre de traits du réseau.

» En outre, à chaque instant, pendant ces 100000 unités de temps, il y a seulement 1000 traits du réseau qui concourent à la formation du spectre; quoique ces 1000 traits voyagent sur le réseau, le phénomène sera identique à celui que donnerait un réseau de 1000 traits éclairé pendant 100000 vibrations par un mouvement sinusoïdal. Or, un pareil réseau donnera précisément une répartition de lumière identique à celle que représente l'équation (3). On voit que l'analyse directe de l'expérience conduit aux résultats suivants :

» 1° La répartition de la lumière dans le spectre est bien celle que donne la formule de Fourier;

» 2° La durée de visibilité du spectre est limitée, non par la durée de la vibration incidente, mais par le nombre de traits du réseau. Si cet appareil était *parfait* (condition nécessaire pour que le théorème de M. Gouy

s'applique en toute rigueur), il faudrait qu'il eût une infinité de traits, et le spectre serait visible indéfiniment. En supposant une amplitude finie au mouvement incident, il en résulterait une quantité totale d'énergie rayonnée infiniment grande; cela n'est pas surprenant, si l'on remarque que l'onde incidente devrait être infiniment étendue.

» Des considérations analogues seraient applicables à tous les autres appareils dispersifs déjà connus (prismes, appareils interférentiels), et sans doute aussi à tous ceux que l'on pourrait imaginer dans le même but. »

OPTIQUE. — *Sur la constitution de la lumière blanche.* Note de M. **Gouy.**

« Dans deux Notes récentes (¹), M. E. Carvallo a discuté la théorie de la lumière blanche, et exposé ses objections à l'hypothèse qui envisage cette lumière comme formée d'oscillations amorties. De la valeur de cette hypothèse, je n'ai rien à dire, mais la question soulevée a une portée plus générale.

» On me permettra de rappeler que les physiciens s'accordaient depuis longtemps à regarder la lumière blanche comme formée par des séries régulières de vibrations simples, lorsqu'en 1886 j'eus l'occasion, en discutant cette question avec quelques autres (²), de montrer que la régularité de la lumière blanche n'est ni nécessaire, ni probable, et que la nature des mouvements qui la forment reste indéterminée. Ces idées, malgré des adhésions de haute valeur (³), n'ont été admises qu'avec quelque hésitation; on doit l'attribuer en partie, semble-t-il, à ce que les auteurs qui qui s'en sont occupés depuis lors ont souvent laissé dans l'ombre le point essentiel de la théorie.

» Le mouvement lumineux étant donné et exprimé au moyen de la formule de Fourier par la superposition de mouvements simples, chacun d'eux se comporte, dans un appareil optique quelconque, comme s'il existait seul. Par suite, la vitesse vibratoire en un point quelconque est la ré-

---

(¹) *Comptes rendus,* 8 et 15 janvier 1900.

(²) *Sur le mouvement lumineux* (*Journal de Physique,* 1886).

(³) Je citerai seulement les Mémoires de Lord Rayleigh (*Philosophical Magazine,* t. XXVII, p. 463; 1889), et de M. A. Schuster (*ibid.*, t. XXXVII, p. 509; 1894). Dans le premier de ces Mémoires se trouve exposée pour la première fois la théorie de la lumière blanche comme formée d'oscillations amorties.

sultante des vitesses vibratoires apportées en ce point par chacun des mouvements simples pris séparément; mais il en est autrement pour l'énergie. On ne peut donc pas traiter ces mouvements simples de diverses périodes comme de vrais rayons lumineux n'interférant pas entre eux, pas même dans le cas de l'analyse spectrale, car celle-ci n'est jamais assez parfaite pour séparer les mouvements simples de périodes très voisines. Pour le montrer, il suffit de rappeler qu'une lumière qui s'éteint continue à être indéfiniment représentée par des mouvements simples d'amplitude constante, qui se compensent les uns et les autres pour donner l'obscurité.

» On doit donc regarder, en général, ces mouvements simples comme un pur artifice de calcul. Mais on peut calculer ainsi l'énergie cinétique moyenne, en un point quelconque, entre deux limites de temps données. Cette énergie moyenne, qui est proportionnelle à l'intensité lumineuse effective dans le cas d'une *lumière constante*, est exactement la somme des énergies que donnerait chaque mouvement simple pris séparément ([1]).

» Dans ce cas, et grâce à cette relation, les mouvements simples de diverses périodes prennent une sorte de personnalité physique; on peut les traiter comme de vrais rayons, indépendants les uns des autres et n'interférant pas, et calculer ainsi l'intensité lumineuse en un point quelconque d'un appareil optique ([2]). C'est donc la base indispensable des applications des formules de Fourier aux divers problèmes relatifs à la nature et à l'émission du mouvement lumineux.

» J'arrive à la question soulevée par M. E. Carvallo. On a quelquefois considéré la lumière blanche comme formée par des oscillations amorties, où le vitesse vibratoire serait proportionnelle à

$$e^{-kt}\sin ht, \tag{1}$$

à partir d'une certaine valeur de t, début de l'oscillation. M. E. Carvallo établit par le calcul que, si le mouvement incident est proportionnel à l'expression (1), il en est de même, à la phase près, pour le mouvement diffracté par un réseau dans une direction quelconque. Ainsi, dans toutes les directions, le réseau enverrait une oscillation amortie semblable à celle

---

([1]) Gouy, *loc. cit.*, n° 3.

([2]) Ces mouvements simples ne dépendant pas de l'appareil optique considéré, il en résulte que les résultats fournis par l'analyse spectrale dépendent de la source lumineuse et non du spectroscope (*loc. cit.*, n° 4). C'est là une objection de M. E. Carvallo, à laquelle j'ai répondu longtemps d'avance.

du mouvement incident. Si celui-ci était de la lumière blanche, on aurait donc encore de la lumière blanche dans toutes les directions, au lieu des rayons colorés que l'on constate en effet.

» L'expérience serait donc capable de nous apprendre que la lumière blanche n'est pas formée de pareilles oscillations; or cela est en contradiction à la fois avec les idées générales exposées plus haut, et avec le théorème que je viens de rappeler.

» Plaçons en effet, dans le plan focal de la lunette d'observation du spectroscope, une fente F suivie d'un appareil interférentiel. Le théorème nous apprend que les franges produites auront exactement les mêmes positions que si la lumière blanche était formée de mouvements simples; dès lors, la période vibratoire existant sur la fente F, période qu'on peut mesurer d'après les dimensions des franges, sera celle qui est prévue par les lois ordinaires des réseaux.

» Cette contradiction s'explique ainsi : l'intéressant calcul de M. E. Carvallo s'applique à l'expression (1) prise dans toute son extension analytique, de $-\infty$ à $+\infty$. Un pareil mouvement n'est pas assurément de la lumière constante, ni rien de physiquement possible, puisque, en remontant dans le passé, on y trouve des amplitudes de plus en plus grandes, et cela sans limite.

» L'oscillation amortie que l'on considère quelquefois comme formant la lumière blanche prend, au contraire, naissance à un instant donné, avec une amplitude déterminée; comme elle est très fortement amortie, elle ne fournit qu'un très petit nombre n de vibrations avant de devenir négligeable. Il est facile de voir qu'une oscillation de ce genre (considérée seule) se comporte tout autrement.

» Supposons le train de n ondes arrivant sur le réseau; en un point P du plan focal de la lunette d'observation, on a une vitesse vibratoire nulle jusqu'au moment où arrive le mouvement venu du premier élément du réseau, auquel viennent s'adjoindre bientôt les éléments suivants. A un instant consécutif quelconque, le point P ne reçoit pas des mouvements venus de tous les éléments du réseau, mais seulement d'un petit nombre (de l'ordre de n) d'éléments contigus; cette *portion efficace* se transporte d'un bout à l'autre du réseau, sans changer de largeur. Le nombre des éléments du réseau étant très grand vis-à-vis de n, cette phase du phénomène en comprend presque la durée totale; après cela, il y a disparition prompte comme le début.

» L'amplitude au point P, partant de zéro, croît rapidement, demeure

constante un certain temps, enfin s'annule rapidement. Quant à la période vibratoire au point P, on voit sans difficulté que, sauf au début et à la fin, elle est bien celle qu'on calcule par les lois ordinaires des réseaux.

» Tout cela est fort différent des résultats obtenus par M. E. Carvallo dans un cas purement fictif, et ne s'oppose plus à ce qu'on adopte l'hypothèse des oscillations amorties, si on la juge acceptable d'autre part. »

ÉLECTRICITÉ. — *Lumière polarisée émise par un tube de Geissler soumis à l'action d'un champ magnétique* (1). Note de M. **R. Dongier**, présentée par M. Lippmann.

« I. Je me suis proposé de rechercher les modifications que subit la radiation rouge, émise par un tube de Geissler à hydrogène soumis à l'action d'un champ magnétique normal à la direction de son axe.

» Je n'ai pas encore abordé l'étude spectroscopique; j'ai seulement vérifié, avec un spectroscope ordinaire, que le champ magnétique affaiblit l'intensité de cette radiation. J'ai constaté, avec le polariscope de Savart, qu'il existe une émission partiellement polarisée, grâce à l'artifice consistant à regarder le tube à travers une lentille convergente; l'œil, placé au foyer conjugué du tube, voit apparaître les franges dans le plan de la lentille. Les radiations verte et violette sont éteintes par l'interposition d'une lame de verre rouge entre l'œil et le polariscope.

» II. La lumière émise dans les différentes directions d'un plan normal à l'axe du tube présente des particularités dignes d'être signalées. On observe la *plus grande proportion de lumière polarisée* dans la direction A normale aux lignes de force et telle que l'observateur regardant le tube peut amener, par une rotation de 90° dans le sens des aiguilles d'une montre, le vecteur qui représente le champ magnétique en coïncidence avec le sens de la décharge dans le tube de Geissler (2). Les franges de Savart *disparaissent* dans la direction opposée B. Le phénomène est particulièrement saisissant si l'on dispose de commutateurs pour l'électro-aimant et pour la bobine; un changement de sens dans l'électro-aimant ou dans la décharge fait apparaître ou disparaître les franges.

---

(1) Travail fait au laboratoire de M. Bouty, à la Sorbonne.

(2) Le sens du champ magnétique va du pôle N au pôle S de l'électro-aimant; le sens de la décharge va de l'anode à la cathode du tube de Geissler.

» Les franges présentent la plus grande netteté lorsque la section principale de l'analyseur, à laquelle les franges sont parallèles, est elle-même parallèle à l'axe du tube ou au champ magnétique.

» La proportion de lumière polarisée varie d'une manière continue avec l'angle α de la direction A et de la direction suivant laquelle on observe. Par le jeu convenable des commutateurs, on peut saisir, pour une même position du polariscope, le phénomène correspondant aux angles α et $\pi - \alpha$. Si l'angle α est différent de $0°$ ou de $90°$, une modification dans le sens du champ ou de la décharge, quoique établissant des différences dans la netteté des franges, n'amène plus leur disparition. Si l'observation a lieu dans la direction du champ magnétique ($\alpha = 90°$) la quantité de lumière polarisée est indépendante du sens de la décharge et de la direction du champ.

» On accroît la netteté des franges, en augmentant l'intensité du champ magnétique. Dans la direction A et dans la position la plus favorable du polariscope (franges parallèles ou perpendiculaires au champ), je n'ai constaté la disparition des franges que pour des champs inférieurs à 650 unités C.G.S.

» III. J'ai soumis à l'expérience des tubes de différentes natures. Quoique les radiations émises fussent mêlées j'ai observé, en interposant des verres de couleurs variées, l'apparition de franges avec le chlore, l'azote, l'acide carbonique, l'oxyde de carbone, l'argon. Le champ était de 4000 unités C.G.S.; les apparences étaient beaucoup moins franches qu'avec l'hydrogène. Je signale, en particulier, l'argon dont le spectre d'émission subit de curieuses modifications sous l'influence du champ magnétique; le chlore, le fluorure de silicium et d'autres gaz présentent des phénomènes de même nature observés par Chautard en 1875. »

PHYSIQUE. — *Période d'établissement de l'étincelle électrique. Sa durée totale* (¹). Note de MM. **H. Abraham** et **J. Lemoine**, présentée par M. J. Violle.

« 1. Dans une précédente Communication (²), nous avons appliqué au phénomène de Kerr une *nouvelle méthode de mesure des durées infinitésimales : On mesure les espaces parcourus par la lumière pendant ces mêmes durées.*

(¹) Travail fait au laboratoire de Physique de l'École Normale supérieure.

(²) *Comptes rendus*, 24 juillet 1899.

Cette méthode nous a permis d'établir que le phénomène de Kerr obéit instantanément au champ électrique ou du moins qu'il ne présente pas un retard de un quatre-cent-millionième de seconde ([1]).

» L'objet de la présente Note est de montrer que l'on peut, de même, étudier la période d'établissement de l'étincelle électrique et évaluer sa durée totale.

» 2. Rappelons d'abord le dispositif expérimental qui nous avait servi.

» Un condensateur de Kerr, au sulfure de carbone, se décharge dans une étincelle qui sert de source lumineuse. Un système optique convenable fait parcourir à la lumière un chemin variable à volonté avant de la ramener au condensateur de Kerr. On pourra donc mesurer ainsi, à des époques successives, la différence de phase moyenne due au phénomène de Kerr pendant la durée du passage du flux lumineux dans le condensateur. Les chemins parcourus par la lumière dans ces expériences étant de l'ordre du mètre, les temps sont de l'ordre du $\frac{1}{300}$ de μs.

» Examinons maintenant avec soin comment il convient d'interpréter la mesure photométrique qui nous donne la valeur de la biréfringence.

» La cuve qui contient le condensateur est placée entre un nicol polariseur N_1 et un biréfringent B, dont les sections principales sont à 45° du champ électrique. Quand la biréfringence se produit, on obtient deux images; on les regarde à travers un nicol analyseur N_2 qui permet de les amener à l'égalité. Cette égalité s'obtient pour deux positions du nicol qui forment entre elles un angle 2α. La valeur de α est fonction du retard δ créé par le champ électrique. Un calcul élémentaire montre que les vibrations émergentes provenant d'une vibration incidente d'amplitude a ont pour intensités

$$2a^2\cos^2\alpha\sin^2\frac{\delta}{2} \quad \text{et} \quad 2a^2\sin^2\alpha\cos^2\frac{\delta}{2}.$$

» Si l'on admet que l'œil intègre les énergies lumineuses qu'il reçoit, il faudra, pour les deux images, effectuer l'intégration entre l'époque T, où la lumière commence à entrer dans le condensateur, et l'époque $T+\theta$, où le flux lumineux cesse de passer. La condition d'égalité des images est alors

$$\sin^2\alpha = \frac{\int_T^{T+\theta} a^2\sin^2\frac{\delta}{2}\,dt}{\int_T^{T+\theta} a^2\,dt}.$$

» 3. Ceci posé, nous observons d'abord que l'angle α est fini. On a trouvé, par exemple, 17°,3 pour la valeur de 2α correspondant au retard minimum.

» Dans le cas actuel, le premier membre de l'égalité précédente est très

([1]) Nous représenterons le *millionième de seconde* par le symbole μs.

voisin de $\frac{1}{40}$. Au second membre, le dénominateur représente la quantité *totale* Q de lumière que l'étincelle envoie au condensateur. Au numérateur, les éléments de l'intégrale s'annulent avec δ, ils disparaissent donc dès que le phénomène de Kerr est éteint. En remplaçant, dans ceux qui subsistent, $\sin^2\frac{\delta}{2}$ par l'unité, on obtiendra, pour le numérateur, comme valeur par excès, *probablement plus de dix fois trop grande,* la quantité q de lumière qui passe dans le condensateur pendant tout le temps où il est encore chargé. On peut donc écrire

$$\frac{1}{40} < \frac{q}{Q} \quad \text{ou} \quad Q < 40q.$$

» Autrement dit, la quantité totale de lumière émise par l'étincelle est de beaucoup inférieure à quarante fois celle qu'elle envoie pendant le temps que le phénomène de Kerr met à s'éteindre, et nous savons que ce temps ne dépasse pas $\frac{1}{100}$ de μs. S'il était permis d'admettre pour l'étincelle une intensité uniforme pendant toute sa durée, on en conclurait que cette durée est de beaucoup inférieure à 0,4 μs.

» 4. On peut encore tirer des nombres précédents une autre conclusion relativement à l'établissement brusque de l'étincelle et montrer que celle-ci prend un éclat considérable, voisin de son éclat maximum, en $\frac{1}{400}$ de μs.

» Supposons en effet que l'accroissement d'éclat de l'étincelle en $\frac{1}{400}$ de μs soit très faible. L'expérience à la distance la plus courte ayant donné 17°,3, retardons l'étincelle d'une durée corrrespondant à un chemin de 0^m, 80. Il n'y aura rien de changé puisque nous supposons pour le moment qu'en $\frac{1}{400}$ de μs l'étincelle ne change pas.

» On devrait donc trouver encore 17°,3 : l'expérience donne 8°,7.

» Nous devons donc admettre qu'en $\frac{1}{400}$ de μs l'éclat de l'étincelle a notablement varié.

» Pour mieux préciser la signification de cette mesure, traçons une courbe C_1 figurant les variations du phénomène de Kerr et une autre courbe C_2 représentant l'intensité lumineuse de l'étincelle en fonction du temps (*fig.* 1).

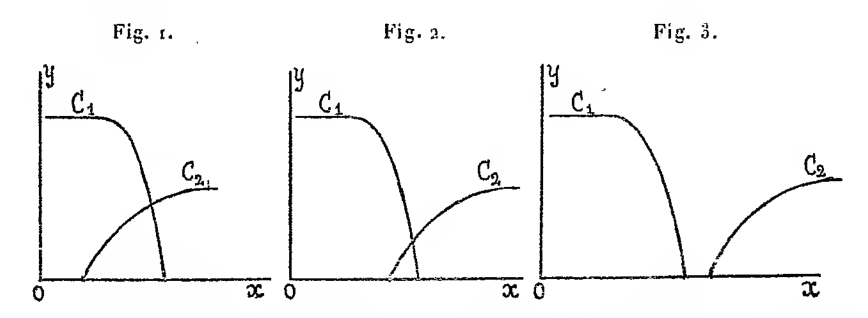
» Dans l'expérience faite à faible distance le phénomène est nettement visible parce que la courbe C_2 empiète sur la courbe C_1 : la lecture du nicol donne 17°,3. Quand on retarde l'arrivée de la lumière de l'étincelle, le résultat est le même que si, laissant la courbe C_1 fixe, on faisait glisser vers la droite la courbe C_2.

» Il arrive bientôt (*fig.* 2) que les deux courbes, au lieu d'empiéter largement l'une sur l'autre, n'ont plus en commun qu'une portion de la partie montante de C_2 et de la

partie descendante de C_1. La mesure photométrique n'est donc plus faite qu'avec le *front* du flux lumineux projeté par l'étincelle : on lit 8°,7.

» Plus tard enfin la courbe C_2 est entièrement sortie de C_1 et le phénomène n'est plus visible (*fig.* 3).

Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3.



» On déduit de cette analyse que ce temps de $\frac{1}{100}$ de μs qui, déjà, limitait la durée d'extinction complète du phénomène de Kerr est en réalité la somme de trois termes :

» 1° La durée *d'établissement* de l'intensité lumineuse de l'étincelle;

» 2° La durée *de la disparition* du champ électrique dans le condensateur de Kerr, autrement dit la durée de la décharge;

» 3° Le *retard* possible du phénomène de Kerr sur le champ électrique; c'est-à-dire le temps pendant lequel le sulfure de carbone conserve sa biréfringence après que le champ électrique a disparu.

» Nous en concluons que *chacun de ces phénomènes, pris isolément, n'a pas une durée atteignant le cent-millionième de seconde.* »

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur l'entraînement du chlorure d'argent par le chloroamidure mercureux.* Note de M. F. **Leteur**, présentée par M. Troost.

« Pour mettre en évidence l'argent en présence du mercure au minimum, les différents traités d'analyse qualitative indiquent de reprendre par l'ammoniaque aqueuse le mélange des deux chlorures. Dans ces conditions, le chlorure mercureux se transformerait en chloroamidure mercureux $AzHg^2H^2.Cl$ et le chlorure d'argent se dissout. Ce procédé très simple réussit quand ce dernier corps existe en quantité notable dans le mélange, mais il est parfois insuffisant dans le cas contraire, le composé mercureux complexe retenant toujours du chlorure d'argent.

» Il m'a paru intéressant de rechercher l'importance de cet entraînement et j'ai, dans ce but, effectué les essais suivants :

» Des poids égaux de précipité contenant dans un rapport connu le mélange des deux chlorures ont subi successivement une, deux ou trois digestions avec de l'ammoniaque aqueuse de densité 0,96. Chacune d'elles a duré dix minutes pendant lesquelles on agitait fréquemment. La quantité de chlorure d'argent résiduel était ensuite déterminée dans chaque essai après trois attaques à l'eau régale.

» La quantité de chlorures employée dans chaque série d'opérations résultait de la précipitation d'un mélange de volumes déterminés de deux solutions exactement titrées, l'une d'azotate mercureux, l'autre d'azotate d'argent, susceptibles de fournir, la première $0^{gr},0478$ de Hg^2Cl^2, la seconde $0^{gr},0483$ de AgCl par centimètre cube.

» Dans chaque essai, le poids total des chlorures était voisin de 1^{gr} et le volume d'ammoniaque employée à chaque lavage était de 30^{cc}.

» Les résultats obtenus sont consignés dans le Tableau suivant :

		AgCl résiduel après		
Poids total des chlorures.	AgCl introduit.	un lavage.	deux lavages.	trois lavages.
0,959	0,290	0,224	0,213	0,204
0,958	0,193	0,187	0,185	0,180
0,957	0,096	0,093	0,089	0,093
0,956	0,048	0,044	0,044	0,040

» A l'inspection de ces nombres on voit : 1° qu'après trois digestions avec l'ammoniaque aqueuse il reste toujours une quantité notable de chlorure d'argent non dissous; 2° qu'à partir de la seconde série d'essais la presque totalité du chlorure reste dans le résidu final, chaque nouveau traitement n'en entraînant que des quantités insignifiantes. Celles-ci, d'ailleurs, ne sauraient que difficilement être mises en évidence dans la solution filtrée par suite de la présence du sel ammoniacal provenant de la saturation par un acide.

» Pour m'assurer qu'une solution ammoniacale plus faible n'avait pas un pouvoir dissolvant supérieur sur le chlorure d'argent, j'ai effectué de nouveau les essais consignés dans la troisième colonne, en me servant cette fois d'ammoniaque de densité 0,96 étendue de son volume d'eau. J'ai obtenu ainsi 0,212; 0,188; 0,093 pour les trois premiers essais au lieu de 0,204; 0,180; 0,093; on voit que cette dilution n'a pas d'influence sensible sur le résultat.

» Le rapport du poids de chlorure d'argent résiduel après trois lavages au poids total des chlorures, dans la première série d'essais, est de $\frac{0,204}{0,959} = 0,213$, c'est-à-dire

d'environ $\frac{1}{5}$; il en résulte qu'une quantité d'argent en proportion moindre pourrait passer inaperçue ([1]).

» Nous proposons donc le mode opératoire suivant :

» Le résidu du traitement des deux chlorures par l'ammoniaque aqueuse sera mis à digérer à chaud avec de l'acide azotique concentré, additionné d'une quantité d'acide chlorhydrique suffisante pour transformer le chlorure de mercuroso-ammonium en chlorure mercurique. Dans le cas de la présence de l'argent, il restera un résidu blanc, ne noircissant pas par l'ammoniaque aqueuse et totalement soluble dans ce réactif. Si le résidu ne présentait pas ces caractères, on opérerait un nouveau traitement. »

CHIMIE. — *Action du cuivre sur l'acétylène : formation d'un hydrocarbure très condensé, le cuprène.* Note de MM. **Paul Sabatier** et **J.-B. Senderens.**

« Dans une précédente Communication (*Comptes rendus,* 8 mai 1899), nous avons indiqué qu'un mélange d'acétylène et d'hydrogène en excès, mis à froid en présence de nickel récemment réduit, se combine immédiatement, en donnant naissance surtout à des carbures forméniques gazeux, accompagnés de liquides condensables semblables au pétrole naturel. Le fer, le cobalt, le cuivre réduits permettent d'arriver à des réactions analogues, sur lesquelles nous aurons l'honneur de revenir prochainement. L'allure du phénomène dans le cas du cuivre nous a conduits à penser que ce métal pourrait sans doute exercer une action spéciale sur l'acétylène seul.

» De l'acétylène pur et sec, préparé par l'action de l'acide chlorhydrique sur l'acétylure cuivreux, est dirigé sur du cuivre, réduit de son oxyde soit par l'oxygène, soit *par l'oxyde de carbone.*

» Quand le métal a été obtenu au rouge sombre, à partir d'un oxyde de grillage, il ne se produit à froid aucune réaction appréciable. Mais, si l'on élève la température vers 180°, le cuivre brunit et la pression diminue très vite par suite d'une conden-

---

([1]) On peut remarquer que 0,213 est très voisin de 0,233 qui correspondrait à la décomposition du corps $Az(Hg^2)''AgH.Cl$ signalé par Chapman Jones (*Ch. Soc. Ind.,* 12e série, p. 983) dans le résidu de l'action de l'ammoniaque aqueuse sur le composé $Hg^2Cl^2, 2AgCl$.

sation rapide de l'acétylène. Dans certaines expériences, le courant de gaz, dont la vitesse dépassait 20^{cc} par minute, s'est trouvé ainsi interrompu pendant plus de vingt minutes; après quoi, le dégagement gazeux se rétablit très lent. Tout d'abord, il se dépose, dans les parties froides du tube, des liquides incolores formés surtout de carbures éthyléniques : la structure du cuivre, d'après l'examen microscopique, n'est pas encore changée.

» Mais au fur et à mesure que le courant gazeux se rétablit, toujours très ralenti par la réaction, le cuivre gonfle rapidement en prenant *une teinte moins foncée*, et bientôt il ne tarde pas à remplir le tube en obturant complètement le passage du gaz. Les carbures liquides condensés ont alors une coloration verdâtre et paraissent constitués par un mélange de carbures éthyléniques et aromatiques : ils donnent, avec l'acide sulfurique concentré, une coloration rouge très intense et se solidifient peu à peu au contact de l'air et de la lumière comme le styrolène. Quant aux gaz peu abondants qui sortent du tube, ils contiennent, à côté d'une certaine proportion d'acétylène qui a échappé à la transformation, surtout des *carbures éthyléniques*. Voici l'analyse d'un de ces gaz (¹) :

Acétylène	6,0
Éthylène	45,2
Propylène et butylène	16,5
Éthane	12,1
Hydrogène	20,2
	100,0

La même réaction peut être réalisée avec du *cuivre compact, en lames ou en fils*. Il suffit de chauffer dans un courant d'acétylène vers 200°-250° un fil de cuivre bien décapé : il se recouvre rapidement d'une couche d'abord brune, puis jaune à mesure que son épaisseur s'accroît. C'est une expérience facile à montrer dans un cours.

» Si l'on dispose dans un tube une traînée légère de la substance brune obtenue plus haut, et si on la chauffe vers 180°-250° dans un courant d'acétylène, le foisonnement se produit de nouveau, la matière gonfle et remplit de même tout le tube.

» On peut recommencer l'expérience avec cette nouvelle substance : après trois ou quatre foisonnements successifs ainsi opérés dans l'acétylène vers 200°, on arrive à une matière qui ne se modifie plus quand on la chauffe dans ce gaz.

» Le produit ainsi préparé est un solide jaune plus ou moins foncé, qui, au microscope, apparaît constitué par un assemblage de filaments très fins entortillés : il est léger et mou; il peut, par une légère compression, de-

(¹) Les analyses ont été faites selon les méthodes indiquées par M. Berthelot. Il est extrêmement important de n'absorber l'acétylène que par de très petits volumes successifs du réactif cuivreux : car il peut absorber beaucoup de carbures éthyléniques.

venir cohérent à la manière de l'amadou, dont il a l'aspect. Il brûle avec une flamme courte et fuligineuse, en répandant une odeur aromatique et laissant un faible résidu noir d'oxyde cuivrique.

» Ce corps est un carbure d'hydrogène dans la masse duquel se trouvent diffusées les petites quantités de cuivre qui ont contribué à sa formation, et dont la proportion limite est comprise entre 1,7 et 3 pour 100. Sa composition est définie : car elle est toujours identique, et n'est pas modifiée par une nouvelle chauffe dans l'acétylène.

» D'après plusieurs analyses, le rapport entre les poids du carbone et de l'hydrogène est voisin de 14, ce qui conduirait à la formule brute C^7H^6.

» A cause de son origine, nous proposons de donner le nom de *cuprène* à ce carbure, qui est un peu plus pauvre en hydrogène que l'acétylène. Sa molécule est visiblement très condensée; car il ne possède aucune volatilité appréciable. Soumis à l'action de la chaleur, il se décompose au-dessus de 400° en dégageant des produits pyrogénés complexes, et laissant un résidu solide charbonneux. Nous avons vainement cherché un liquide capable de le dissoudre en proportion notable. L'acide sulfurique ne se colore pas à son contact même assez prolongé. L'acide nitrique paraît l'attaquer lentement en donnant des produits nitrés.

» Au début de la réaction de l'acétylène sur le cuivre, celui-ci brunit beaucoup, et dans les produits hydrocarbonés qui à ce moment s'y trouvent condensés, la richesse en carbone est plus grande que dans le cuprène. Nous nous proposons de poursuivre dans ses détails l'étude des composés qui prennent ainsi naissance, et aussi des conditions précises de la réaction.

» Nous aurions différé la publication de ces résultats encore incomplets, si, dans une Note publiée en août 1899 (*Berichte der deutsch. chem. Gesell.*, t. XXXII, p. 2381) et dont nous n'avons eu connaissance que ces jours-ci (*Bull. Soc. chim.*, 20 janvier 1900), H. Alexander n'avait annoncé certains résultats analogues. Ce chimiste fait connaître que, par l'action de l'acétylène sur le cuivre *réduit*, il a obtenu un corps jaune, qu'il semble considérer comme un simple polymère de l'acétylène, les gaz non absorbés ne contenant, d'après lui, que de l'acétylène *sans aucun mélange d'autres carbures d'hydrogène*. Nous avons dit plus haut que cette assertion est inexacte : les gaz dégagés sont surtout éthyléniques, et il en résulte que le cuprène est nécessairement plus pauvre en hydrogène que l'acétylène.

» Quant à notre priorité, elle ne saurait être contestée : l'un de nous a fait à la Société chimique de Paris, dans sa séance du 12 mai 1899, une première Communication sur le cuprène, dont il a présenté plusieurs échantillons [1]. »

---

[1] *Bull. de la Soc. chimique*, t. XXI, p. 530; 1899.

CHIMIE. — *Acidimétrie des acides polybasiques organiques.* Note de M. A. Astruc [1].

« La série d'expériences que je vais rapporter constitue la suite naturelle des deux Communications que j'ai eu l'honneur de présenter à l'Académie, soit seul [2], soit en collaboration avec M. Henri Imbert [3].

» Les acides bibasiques et tribasiques à fonction simple, à chaîne normale ou à chaînes latérales, ou à fonction mixte (hydrocarbure éthylénique, hydrocarbure acétylénique) alcool ou halogénée, accusent tous à la phtaléine du phénol, au bleu Poirrier, à la teinture de tournesol, à l'acide rosolique, une acidité correspondant au nombre de carboxyles contenus dans la molécule.

» A l'hélianthine A, l'acidité est généralement plus faible, mais la quantité de potasse nécessaire pour opérer en présence de ces acides le virage du réactif, qui est malheureusement toujours un peu incertain, permet quelques observations assez curieuses, et d'accord avec les données thermochimiques.

» *Acides bibasiques à fonction simple.* — Les acides oxalique, malonique et succinique (trois homologues supérieurs) présentent une acidité de plus en plus faible depuis le premier terme jusqu'au dernier, et l'acide sébacique $C^8H^{16}(COOH)^2$ est lui-même neutre.

» Ces résultats sont conformes à ceux qui ont été indiqués par M. Massol [4] : « Les » chaleurs de formation des sels de cette série diminuent à mesure que le poids molé» culaire augmente ».

» D'autre part, l'acide malonique exige sensiblement, pour sa neutralisation à l'hélianthine, une molécule de base pour une molécule d'acide. L'acide isosuccinique (isomère de l'acide succinique) est dans le même cas, alors que pour l'acide succinique la quantité d'alcali indiquée par l'expérience est beaucoup plus faible. Or, « les chaleurs » de formation des sels des acides méthylmalonique et méthylsuccinique sont supé-

---

[1] Travail effectué au laboratoire de recherches de l'École de Pharmacie de Montpellier, dirigé par M. Henri Imbert.

[2] A. Astruc, *Alcalimétrie des amines* (*Comptes rendus*, 11 décembre 1899).

[3] Henri Imbert et A. Astruc, *De l'acidimétrie* (*Comptes rendus*, 2 janvier 1900).

[4] G. Massol, *Étude thermique des acides organiques et plus particulièrement des acides de la série oxalique, etc.*, p. 19. Thèse de Doctorat ès Sciences. Paris, Gauthier-Villars; 1893.

rieures à celles des sels des acides isomères normaux, et sensiblement égales à celles de l'acide normal qui renferme un atome de carbone en moins (1) ».

» Pour les acides phtaliques, on observe une décroissance de l'hélianthine analogue à celle qui a été signalée pour les acides oxybenzoïques : l'acidité diminue de l'acide ortho au méta et au para, résultat encore conforme aux données de M. Massol.

» *Acides des hydrocarbures non saturés.* — Les acides maléique, fumarique et acétylène-dicarbonique, qui contiennent le même nombre d'atomes de carbone que l'acide succinique, mais une molécule d'hydrogène en moins pour les deux premiers et deux molécules pour le dernier, offrent une acidité plus grande. En présence des acides maléique et fumarique, l'hélianthine vire sensiblement à une molécule de potasse, et l'acide acétylène-dicarbonique en exige une plus forte proportion. Des réactions analogues sont présentées par les acides itaconique, mésaconique et citraconique. Leur acidité à l'hélianthine, voisine de celle des acides monobasiques, est, par suite, supérieure à celle des acides bibasiques à même nombre d'atomes de carbone.

» *Acides bibasiques à fonction alcool.* — L'acide tartronique demande plus d'une molécule de base et a donc une acidité plus forte que l'acide malonique. L'acide malique se conduit comme acide monobasique; son acidité est supérieure à celle de l'acide succinique, mais inférieure toutefois à celle de l'acide tartronique. L'acide tartrique aussi a une acidité notablement supérieure à celle des acides succinique et malique. Tous ces résultats sont encore d'accord avec ceux que la Thermochimie a fournis à M. Massol. « La chaleur de formation des sels des acides alcools est supé-
» rieure, en effet, à celle des acides correspondants à fonction simple (2), et elle aug-
» mente avec le nombre d'oxhydriles alcooliques. »

» Si l'on se rappelle l'observation faite par M. Massol, que les chaleurs de formation des sels de ces acides indiquent une augmentation de l'affinité pour les bases, alors que les chaleurs de neutralisation déterminées par MM. Gal et Werner semblent conduire à un résultat opposé, on doit en conclure que l'acidité à l'hélianthine est fonction de la chaleur de formation et non de la chaleur de neutralisation.

» Les acides tricarballylique et citrique (tribasiques) offrent entre eux des relations du même ordre.

» Antérieurement, j'ai indiqué, en collaboration avec M. Imbert, que la présence de l'halogène en position ortho dans la molécule de l'acide benzoïque augmentait fortement l'acidité de ce dernier à l'hélianthine. Un phénomène semblable se produit avec l'acide trichloroacétique, qui est nettement monobasique.

» De même l'acide dibromosuccinique est bibasique à l'hélianthine comme à la phtaléine. L'acidité de l'acide succinique se trouve donc exaltée par la présence des deux atomes d'halogène.

» Je me propose d'indiquer sous peu, en collaboration avec M. Imbert, quelques observations sur l'acidimétrie de certains acides possédant plus de trois carboxyles dans leur molécule, et, en particulier, sur l'acide mellique. »

---

(1) G. Massol, *loc. cit.*, p. 21.
(2) G. Massol, *loc. cit.*, p. 33.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'acide isopyromucique.* Note de M. **L.-J. Simon.**

« Il y a longtemps que l'on a signalé dans les produits de distillation de l'acide mucique un acide particulier, l'*acide pyromucique*. Houton Labillardière, qui l'a découvert en 1819 (*Annales de Chimie et de Physique*, t. IX, 2e série, p. 365), accuse un rendement de 8^{gr} à 10^{gr} d'acide pur pour 150^{gr} d'acide mucique, soit 6 pour 100, le rendement théorique d'après l'équation

$$C^6H^{10}O^8 = C^5H^4O^3 + CO^2 + 3H^2O$$

étant de 53 pour 100. Depuis lors, d'autres expérimentateurs ont préparé l'acide pyromucique par la même méthode, sans rendre l'opération plus avantageuse. Aussi le prépare-t-on habituellement par oxydation du furfurol qui est son aldéhyde.

» En 1873, Limpricht, en répétant cette distillation, a isolé, comme *produit accessoire*, un acide qu'il considère comme isomère du précédent et qui s'en distingue par un certain nombre de caractères :

» 1° Il est beaucoup plus soluble dans l'eau;

» 2° Il fond, dit-il, de 70° à 82°, alors que l'acide pyromucique fond à 133°-134°;

» 3° Au lieu de précipiter en jaune brun par le perchlorure de fer, il se colore en vert.

» Son étude, limitée probablement par le manque de matière, est très succincte; c'est à peine s'il signale l'existence d'un sel de plomb, pour lequel il indique la formule $(C^5H^3O^3)^2Pb, H^2O$. C'est cependant le seul travail qui ait été publié sur cet acide, alors que l'acide pyromucique a fait l'objet de recherches très nombreuses. Il est même complètement disparu de la littérature, au point qu'il n'est plus mentionné dans la 3e édition du *Manuel de Chimie organique* de Beilstein (le lexique de Richter ne mentionne que le travail de Limpricht).

» Bien plus, V. Oliveri et Peratoner (*Gazz. Chim.*, t. XIX, p. 633-639), après avoir repris en plus grand l'expérience de Limpricht, *ont nié l'existence de l'acide isopyromucique* et affirmé la formation exclusive de l'acide pyromucique.

» En variant les conditions de l'expérience, j'ai réussi à préparer avantageusement l'acide de Limpricht et à réaliser sa formation exclusive sans production appréciable d'acide pyromucique.

» La méthode est tout à fait semblable à celle qui permet d'obtenir l'acide pyruvique à partir de l'acide tartrique et du bisulfate de potassium.

» On chauffe à feu nu et rapidement un mélange bien intime d'acide mucique (350^{gr}) et de bisulfate de potassium (550^{gr}) très finement tamisé, dans un ballon de 5^{lit}, à col court, en relation avec un réfrigérant descendant; la masse se boursoufle et il distille un liquide aqueux qui passe entre 100° et 160°. La température indiquée par le thermomètre reste comprise entre 140° et 150° pendant une demi-heure environ, ce qui représente à peu près la moitié de la durée totale de l'opération.

» Le poids du distillat s'élève à 175^{gr}, environ la moitié du poids d'acide mucique employé. Cette solution aqueuse est alors distillée sous pression réduite; lorsque les deux cinquièmes du liquide ont distillé, on arrête l'opération et on laisse refroidir le ballon : il se produit une abondante cristallisation. On essore les cristaux et l'on distille l'eau-mère sous pression très réduite : l'eau passe d'abord, puis l'acide lui-même distille dans le voisinage de 100° pour une pression de 2^{cm} de mercure. On peut évaluer le rendement total à 10 pour 100 de l'acide mucique, c'est-à-dire à 20 pour 100 du rendement calculé d'après la formule indiquée plus haut.

» Le produit peut être purifié, soit par cristallisation dans l'eau par refroidissement de la solution chaude ou par évaporation de la solution faite à froid, soit par dissolution dans le chloroforme ou le benzène chauds, soit par distillation dans le vide.

» L'acide ainsi obtenu paraît être l'acide isopyromucique pur, exempt d'acide pyromucique.

» Il est blanc lorsqu'il est pur, d'une odeur empyreumatique; il est très soluble dans l'eau froide, l'alcool et l'éther, soluble dans le chloroforme et le benzène chaud, peu soluble dans le sulfure de carbone.

» Il semble cristalliser dans l'eau avec de l'eau d'hydratation et fond alors vers 80°-85°. Obtenu dans le chloroforme et le benzène ou par distillation, il est anhydre et fond plus haut, vers 90°-95°.

» La cryoscopie dans l'acide acétique du produit hydraté a fourni pour son poids moléculaire le nombre 144 (calculé pour $C^5H^8O^3, 2H^2O$: 148); pour le produit distillé la mesure a donné 116 (calculé : 112).

» La solution aqueuse étendue, saturée par la soude en présence de phtaléine, a fourni le nombre 113 (calculé : 112); le virage est satisfaisant, quoique la solution jaunisse légèrement par addition d'alcali.

» L'acide isopyromucique donne, avec le prochlorure de fer, une coloration qui, en solution étendue, est vert bleuâtre intense; elle est très visible encore pour la dilution $\frac{1}{100000}$ et disparaît par addition d'acide; le sel de sodium, obtenu par neutralisation exacte, la présente au même degré; la solution aqueuse du sel de plomb la fournit aussi.

» Cet acide est-il l'isomère de position de l'acide pyromucique, c'est-à-dire l'acide β-furfurane-carbonique, correspondant à un isomère de fur furol? L'étude de cet acide, et en particulier la fixation de sa formule,

poursuivie par M. Chavanne, attaché au laboratoire des Hautes Études de l'École Normale, permettra de fixer ce point important. »

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Genèse des composés terpéniques dans la lavande* (1). Note de M. **Eugène Charabot**, présentée par M. H. Moissan.

« Dans ma précédente Communication à l'Académie des Sciences, j'ai établi que, au cours du développement des fruits du *Citrus bergamia*, le linalol prend naissance avant son éther acétique pour se transformer ensuite, sous l'influence de l'acide libre, partie en éther, partie en limonène et dipentène. Je me suis proposé ensuite de suivre la série des transformations qui se produisent pendant la végétation dans une autre huile essentielle renfermant du linalol et son éther acétique. J'ai été conduit à formuler des conclusions analogues en étudiant l'essence de lavande.

» On sait que cette essence renferme principalement du linalol gauche, $C^{10}H^{18}O$, partie à l'état libre, partie à l'état combiné avec les acides acétique, butyrique, valérianique et avec des acides non saturés. Elle contient, en outre, un peu de géraniol, $C^{10}H^{18}O$, et, sans doute, un certain nombre d'éthers de cet alcool, enfin des sesquiterpènes, $C^{15}H^{24}$, avec des traces de pinène, $C^{10}H^{16}$, et de cinéol, $C^{10}H^{18}O$. Pour saisir les modifications que subit cette essence pendant le développement de la plante, j'ai étudié trois échantillons préparés à plus de 1000m d'altitude, dans les environs de Briançonnet (2), et obtenus à deux semaines d'intervalle avec des plantes provenant d'un même champ.

» L'essence (I) a été extraite de plantes portant à peine des boutons; l'essence (II) provient de plantes en fleurs; l'essence (III) a été préparée au moment où les fleurs commençaient à se dessécher. Il en résulte que l'essence (II) correspond, en quelque sorte, au terme du développement de la lavande.

» Ces essences possédaient les caractères physiques suivants :

	Essence extraite de plantes		
	en boutons.	en fleurs.	portant des fleurs fanées.
Densité à 15°	0,8849	0,8854	0,8821
Pouvoir rotatoire ($l = 100^{mm}$)	—6° 32′	—6° 48′	—6° 50′

(1) Travail fait au Laboratoire de Chimie organique de la Sorbonne.

(2) Je dois à l'obligeance de M. Silvy, distillateur à Châteauneuf (Alpes-Maritimes), les produits sur lesquels a porté mon étude et suis heureux de lui adresser ici tous mes remercîments.

» On voit que la densité augmente pendant la végétation, puis diminue très sensiblement lorsque la fleur se dessèche; le pouvoir rotatoire augmente constamment.

» *Acides libres.* — Pour des poids égaux de lavande, j'ai retiré des volumes égaux d'eau distillée et j'y ai dosé les acides libres.

Eau correspondant à l'essence	Potasse décinormale neutralisant 200^{cc} d'eau.	Acidité en acide acétique par litre.
	cc	gr
(I)	17,47	0,5241
(II)	15,72	0,4716
(III)	12,82	0,3846

» Ainsi, comme dans le cas de l'essence de bergamote, *l'acidité diminue au fur et à mesure que la tige vieillit.*

» Les différences sont si notables qu'elles subsistent dans le même sens, soit que l'on exprime la proportion des acides par rapport au poids des plantes distillées, soit qu'on l'exprime par rapport à l'essence obtenue.

» *Éthers.* — Le dosage des éthers a donné les résultats suivants :

Essence extraite de plantes								
portant des boutons.			portant des fleurs.			portant des fleurs fanées.		
I.	II.	Moyenne.	I.	II.	Moyenne.	I.	II.	Moyenne.
36,7 %	36,5 %	36,6 %	40,4 %	40,4 %	40,4 %	39,9 %	39,6 %	39,75 %

» Ces analyses montrent que *l'essence s'enrichit en éther jusqu'au moment du complet épanouissement de la fleur, la proportion d'éther diminuant ensuite.*

» Il n'est pas sans intérêt de noter les variations que subit, selon l'âge de la plante, le pouvoir rotatoire de l'essence lorsque l'on saponifie les éthers. Dans le Tableau suivant, je mets en regard le pouvoir rotatoire des trois essences après saponification, ainsi que l'élévation subie par cette constante physique.

	Essence extraite de plantes		
	en boutons.	en fleurs.	portant des fleurs fanées.
Pouvoir rotatoire après saponification...	—7°45′	—8°35′	—9°10′
Élévation du pouvoir rotatoire.........	1°13′	1°47′	2°20′

» De sorte que le pouvoir rotatoire de la portion alcoolique surpasse celui de la portion éthérée : de 3°19′ dans le produit (I), de 4°25′ dans le produit (II), de 5°52′ dans le produit (III), c'est-à-dire d'autant plus que la plante est plus âgée. Je me bornerai, pour le moment, à signaler ce fait, me réservant d'y revenir plus tard à propos de l'étude comparative des portions alcooliques des trois essences.

» Les différences entre les teneurs en alcool de ces essences sont moins sensibles que dans le cas de l'essence de bergamote, aussi ai-je essayé de rendre dans les dosages

les erreurs aussi constantes que possible. Pour cela j'ai effectué deux séries de déterminations, en recommençant chaque fois l'acétylation. J'indiquerai seulement ici les résultats moyens, la méthode de calcul sera exposée dans un autre recueil :

	Essences		
	(I).	(II).	(III).
Alcool libre.........	21,0 %	16,7 %	18,9 %
Alcool total.........	49,8 %	48,4 %	50,25 %

» Ces résultats montrent que *la proportion d'alcool libre et la proportion d'alcool total diminuent dans l'essence, jusqu'au moment où les fleurs sont complètement épanouies, en même temps que la proportion d'éther augmente; puis, lorsque la fleur se fane, l'essence s'enrichit en alcool alors que, au contraire, sa teneur en éther diminue.*

» Ainsi, comme dans le cas de l'essence de bergamote, l'éthérification est accompagnée d'une diminution de la proportion totale d'alcool et de la proportion d'acide libre. Ces faits montrent bien qu'ici encore les éthers prennent naissance par l'action directe des acides sur les alcools. Dans ces conditions, pendant le développement de la plante, une partie du linalol s'éthérifie tandis qu'une autre partie de cet alcool terpénique se déshydrate. C'est ainsi que l'on voit décroître non seulement la proportion d'alcool libre, mais encore la proportion d'alcool total. Par contre, aussitôt que l'éthérification est terminée, ce qui a lieu lorsque les fleurs commencent à se faner, on constate que la proportion totale d'alcool augmente d'une façon relativement rapide.

» L'élimination d'eau, qu'elle ait pour effet la formation d'éthers ou celle de terpènes, a pour siège les parties vertes de la plante. Il est tout naturel d'admettre que, se produisant dans un milieu où s'exerce la chlorovaporisation, elle soit une conséquence de ce phénomène. »

CHIMIE INDUSTRIELLE. — *Sur un nouveau procédé d'extraction du caoutchouc contenu dans les écorces de diverses plantes et notamment des* Landolfia. Note de MM. **A. Arnaud** et **A. Verneuil**, présentée par M. Roux.

« Les applications industrielles du caoutchouc se multiplient de jour en jour, sans qu'il soit permis d'espérer que la production puisse indéfiniment s'accroître par l'exploitation des seules ressources naturelles et spontanées. Aussi les industriels ont-ils déjà songé à utiliser les cultures intensives de

certaines plantes à caoutchouc et le rapide essor que prennent les cultures coloniales justifie pleinement leurs espérances ([1]). Les *Landolfia* tiennent le premier rang parmi les espèces à préconiser pour la culture, non seulement en raison de leur rapide croissance, mais aussi parce que le caoutchouc qu'ils fournissent est de toute première qualité.

» Ces lianes croissent spontanément dans presque toute l'Afrique et fournissent déjà, par le procédé barbare de la saignée, ou incision, une grande quantité de caoutchouc, très apprécié dans le commerce. Le procédé de la saignée, le seul universellement employé, réussit cependant médiocrement avec les lianes *Landolfia* ou autres, car le latex de celles-ci, loin de s'écouler facilement et abondamment comme cela a lieu pour les *Hevea* du Brésil ou les *Castilloa* de l'Amérique centrale, se coagule presque instantanément sur le lieu même de l'incision, laissant ainsi la majeure partie du caoutchouc dans les vaisseaux laticifères.

» Depuis quelques années on a beaucoup cherché une solution donnant toute satisfaction, mais presque tous les procédés proposés reposent sur l'emploi des dissolvants appropriés, tels que le sulfure de carbone, la benzine, etc., agissant sur les écorces de *Landolfia* desséchées et grossièrement pulvérisées. Mais les dissolvants doivent être employés en quantité énorme par rapport au caoutchouc et, de plus, par évaporation, ils donnent toujours un caoutchouc ayant perdu une partie de sa ténacité et de sa valeur commerciale. Aussi quelle que soit la simplicité relative d'un tel procédé, n'en connaissons-nous pas d'application industrielle.

» On a pensé aussi à détruire, ou tout au moins à désagréger la cellulose de l'écorce, soit par l'action des alcalis, soit par celle des acides, afin de mettre en liberté le caoutchouc. Le procédé, récemment préconisé par M. Deiss, utilise l'action destructive de l'acide sulfurique concentré. Mais, quoique ce procédé soit appliqué, paraît-il, pour traiter les écorces du *Willugbeia* dans la presqu'île de Malacca, il est évidemment trop coûteux pour que son application se généralise.

» Nous avons réussi à tourner la difficulté en traitant les écorces par un procédé purement mécanique sans aucune intervention chimique.

» Les écorces fraîches ou sèches de *Landolfia* (*Lianes Toll* du Sénégal ou *Lianes Gohine* du Soudan) mises obligeamment à notre disposition par

---

([1]) On fait actuellement au Congo belge des plantations de *Landolfia* sur une grande échelle.

l'éminent horticulteur M. Godefroy-Lebeuf, qui fut l'un des premiers à préconiser le traitement direct des écorces, nous ont donné d'excellents résultats que nous résumons ici :

» Les écorces sèches sont pulvérisées au pilon ou à la meule, ou par tout autre moyen agissant d'une manière analogue, puis tamisées de façon à séparer 40 à 50 pour 100 de poudre fine ne renfermant pas trace de caoutchouc. Le résidu, en partie aggloméré par plaques, est imbibé d'eau chaude, puis soumis à un long broyage, qui détermine la formation d'une pâte épaisse et friable, laquelle est ensuite tamisée au sein de l'eau chaude.

» Un nouveau broyage du magma resté sur le tamis fait apparaître dans la masse des filaments vermiculaires blanchâtres de caoutchouc. Ceux-ci, par un battage suffisamment prolongé, s'agglomèrent de plus en plus et finissent par former des masses spongieuses renfermant la totalité du caoutchouc.

» Pour séparer le reste de l'écorce adhérente, on projette le tout dans l'eau bouillante : le caoutchouc, plus léger, venant surnager à la surface, est facilement recueilli. Par un battage prolongé, on le transforme en une plaque ou réseau, formé de caoutchouc presque pur.

» La purification complète s'effectue par passage aux cylindres-laminoirs à vitesses différentielles, comme cela se fait ordinairement pour la purification des caoutchoucs bruts.

» Avec les *Landolfia*, les rendements sont très bons : l'écorce aérienne fournit 8 à 9 pour 100 de caoutchouc; l'écorce de racine, 14 à 15 pour 100 et davantage; le tout venant, mélange de brindilles de diverses espèces, donne encore 6 à 8 pour 100. Les dissolvants ne donnent pas de rendements plus forts, et encore faut-il tenir compte dans ce cas des résines et matières grasses dissoutes (¹).

» Ce procédé mécanique d'extraction, d'une grande simplicité, est applicable partout, et de plus, par son mode d'obtention même, le caoutchouc ainsi préparé a subi une véritable purification et se trouve exempt des corps gras et résineux qui le souillent ordinairement, même quand il a été recueilli par coagulation directe du latex.

» En résumé, le broyage, en milieu humide, procédant par écrasement ou percussion, combiné avec l'emploi judicieux de l'eau chaude servant à la lévigation de la masse semi-pâteuse obtenue, conduit directement à l'extraction totale du caoutchouc contenu dans les écorces, et cela sans avoir recours à aucun réactif chimique.

» Nous croyons que l'industrie, par l'intermédiaire des plantations coloniales, pourra tirer un parti très avantageux de ce nouveau mode d'extraction. »

(¹) L'écorce d'*Haucornia* américaine, traitée par le même procédé, nous a donné plus de 5 pour 100 d'excellent caoutchouc.

PHYSIOLOGIE ANIMALE. — *Défense de l'organisme contre les propriétés morbifiques des sécrétions glandulaires* (¹). Note de MM. **Charrin** et **Levaditi**, présentée par M. Roux.

« La plupart des sécrétions glandulaires, des sucs digestifs, en particulier les produits du pancréas, engendrent, quand on les introduit dans les tissus, une série de lésions (²); le système nerveux plus spécialement, d'après nos recherches, subit cette influence morbifique (chromatolyse, hémorragies, gonflements variqueux des prolongements, etc.).

» Or, ces principes pancréatiques sont quotidiennement déversés dans l'intestin, sans provoquer, à l'état normal, le moindre accident : il nous a dès lors paru intéressant d'examiner les moyens dont dispose l'organisme pour se défendre contre un pareil voisinage, d'autant plus que cet organisme est pourvu de divers modes de protection à l'égard des microbes ou toxines situés dans des conditions analogues et que certaines de ces sécrétions glandulaires sont plus nuisibles que quelques-unes de ces toxines.

» Dans une anse de l'iléon choisie près du duodénum et fermée, après évacuation du contenu, à chaque extrémité, on place 5^{cc} à 8^{cc} d'une solution aqueuse trypsique (³). On suture l'abdomen, puis, au bout de dix à vingt-quatre heures, soit avant, soit après la mort de l'animal qui souvent succombe promptement, on constate que cette anse renferme 3 ou 4 fois plus de liquide qu'au moment de l'injection.

» Ce liquide contient sensiblement les quantités de diastase active déposée; cependant mis sous la peau, à doses égales, il détermine une lésion locale un peu moins rapide qu'auparavant, différence qui, à la vérité, peut tenir à la dilution enregistrée.

» Cette expérience tend donc à prouver que ce suc glandulaire, en dehors d'une partie peut-être fixée par les aliments, demeure dans la lumière de la région supérieure de l'intestin, là où il doit remplir son rôle.

» Dans une deuxième série de recherches, on répète cette expérience, mais après avoir plus ou moins complètement détruit, par traumatisme, la couche muqueuse.

(¹) Travail du laboratoire de Médecine expérimentale des Hautes-Études, Collège de France.

(²) Voir Pavlow, *Arch. f. die gesam. Phys.*, Bd. XVI; Kuhne, *Verh. des natur. med. Vers.*, Heidelberg, t. II, p. 6; Hildebrandt, *Virch. Arch.;* Langerhans, *Fest. f. Virchow*, 1891; Hlava, *Congr. Moscou*, 1896; Dettmar, Leo, Lépine et Lannois, etc.

(³) Nous avons utilisé des produits fabriqués par Merck, par Poulenc ou retirés du pancréas suivant la méthode de Kühne; ces produits ont, du reste, donné les principales réactions. — Pour engendrer, chez la souris, une lésion cutanée digestive, amenant la mort en huit ou douze heures, il fallait injecter $0^{cc},5$ à 1^{cc} de notre solution.

Dans ces conditions, malgré le sang qui parfois s'épanche ultérieurement à la fermeture, le volume retrouvé, après le même temps, est en général inférieur à celui qu'on observe au cours des premiers essais. D'un autre côté, si par la chaleur on altère cette couche interne laissée en place, on constate encore une plus faible augmentation : or, ces deux résultats mettent en évidence l'intervention de l'épithélium.

» L'eau déversée par les canaux excréteurs des annexes n'entre pas ici en ligne de compte; tantôt, en effet, nous avons au préalable lié ces canaux, tantôt nous avons choisi une anse située au-dessous de leur embouchure. Il est donc, par suite, indiscutable qu'à ce niveau l'intestin sécrète une grande quantité d'eau d'une utilité manifeste dans une zone où s'opèrent une foule d'opérations chimiques ou de processus d'hydratation.

» Lorsqu'on emprisonne cette pancréatine dans une anse supérieure privée de sa muqueuse, fréquemment on découvre dans les viscères, de préférence dans le foie, des altérations qui n'existent pas, du moins au même degré, si cette muqueuse est intacte. On est par conséquent en droit de penser que cette paroi s'oppose au passage de ce suc du pancréas, comme d'ailleurs l'établissent nos premières recherches, ou que, si une minime quantité s'échappe, elle perd ses propriétés morbifiques en traversant l'intestin, peut-être en arrivant dans le sang; le résultat des injections intraportales prouve, en tout cas, que le parenchyme hépatique est sans action importante.

» Des expériences comparables faites au niveau de l'extrémité inférieure de cet intestin grêle conduisent à d'autres constatations.

» Dans une anse placée près de la valvule de Bauhin et liée à chaque extrémité, on dépose, après évacuation du contenu, 5^{cc} à 8^{cc} de la solution aqueuse de trypsine, à 5 pour 100; au bout d'un nombre d'heures égal à celui de la première série d'essais, on reconnaît que le liquide introduit a plus ou moins diminué; il est parfois réduit à des résidus solides. Or, en injectant la partie conservée ou ces résidus repris par 5 à 8 parties d'eau, on s'aperçoit que l'activité de la sécrétion a sensiblement fléchi : plus la résorption est considérable, plus cette disparition d'activité est prononcée.

» Il est intéressant de remarquer que dans le bas de l'iléon, à un niveau où les métamorphoses chimiques sont terminées, l'eau et la diastase trypsique deviennent relativement inutiles; aussi à ce niveau la muqueuse résorbe et cette résorption exige, pour être rapide, le moins de liquide possible. D'ailleurs, ce processus de soustraction, qui permet d'absorber les aliments transformés, est bien l'œuvre de cette muqueuse, puisque, si on l'altère, la diminution du contenu est plus restreinte (1).

---

(1) Les hémorragies tardives peuvent causer des erreurs. En se substituant au liquide inclus, le sang ou les principes exsudés sont capables de faire croire à l'abaissement de l'activité de la trypsine; inversement, des thromboses, conséquences du traumatisme, en obstruant les voies d'absorption, sont aptes à conserver cette même activité.

» Quand cette couche interne fait défaut ou est détériorée, en bas comme en haut on décèle assez ordinairement dans le foie des modifications qui le plus souvent sont absentes lorsqu'elle est intacte. Or, tout en admettant qu'une partie de cette pancréatine, bien qu'en général la démonstration de ce fait soit difficile, s'élimine avec les fèces, on est conduit à reconnaître qu'une autre partie s'échappe par absorption réalisée vers la fin de l'iléon; mais, d'un autre côté, comme à l'état normal cette absorption n'est pas suivie de lésions bien manifestes, il faut supposer qu'en passant dans la circulation ce produit si éminemment morbifique subit des atténuations.

» L'expérience prouve que ces atténuations ne se font d'une manière marquée ni dans le foie, ni au contact des ganglions mésentériques; elle établit également que dans la lumière du conduit alimentaire ces modifications, attribuables, au moins partiellement, d'après des recherches poursuivies *in vitro*, à l'influence des parasites, sont, au bout d'une demi-journée, lentes et peu prononcés. Il suffit, en liant les vaisseaux qui desservent l'anse fermée, d'obliger le liquide à séjourner pour pouvoir apprécier la marche des changements enregistrés. Dès lors, sans cependant pouvoir donner une démonstration directe, on est amené, par exclusion, à penser que ces modifications des produits du pancréas se réalisent dans l'épaisseur de l'intestin.

» Peut-être aussi (phénomène qui sera jugé ultérieurement) convient-il d'admettre, dans une faible mesure, une intervention du sang? On constate, en effet, que souvent du sérum normal réduit quelque peu l'action de dissolution de la trypsine à l'égard des hématies ou de l'albumine; le chauffage de ce sérum à 60° fait disparaître cette propriété inhibitrice. Toutefois, les proportions nécessaires, plus encore les lésions hépatiques décelées dans le cas d'ablation de la muqueuse, indiquent que cette protection sanguine, dès que la dose de diastase s'élève, devient insuffisante.

» En définitive, ces recherches montrent que l'organisme est protégé contre les attributs nuisibles de certaines sécrétions digestives, de préférence pancréatiques, et que ces modes de protection, suivant qu'il s'agit de la partie inférieure ou supérieure de l'intestin grêle, offrent des analogies et des différences. — En haut et en bas, ces moyens de défense résident surtout dans l'intervention de la muqueuse, des parasites intestinaux et peut-être du sang; mais, en haut, cette défense consiste, en outre, dans le maintien, à l'aide du mucus ou de la couche interne, de ces sécrétions glandulaires dans l'intérieur même du canal alimentaire, tandis qu'en bas il s'agit d'une atténuation des propriétés morbifiques de ces produits.

» Il est aisé de concevoir des conditions (botulisme, entérites, etc.) capables, en altérant l'intestin, de faire fléchir la plus efficace de ces protections, qui avant tout dépend de la muqueuse de cet intestin, membrane propre à assurer la rétention ou la modification de ces sucs si nuisibles une fois hors du tube digestif; par suite, il devient nécessaire, quand en pathologie on parle des éléments toxiques d'origine intestinale, de placer ces sucs, en dehors des acides, des composés aromatiques ou bactériens, etc., au nombre des principes aptes à provoquer des accidents d'auto-intoxication. »

PHYSIOLOGIE ANIMALE. — *Sur la résorption intestinale des sucres.* Note de M. E. **Hédon**, présentée par M. Lannelongue [1].

« Dans une précédente Note [2], nous avons montré qu'il y a un rapport entre l'activité diurétique des différentes espèces de sucres et leurs poids moléculaires. Les résultats obtenus dans cette voie m'ont engagé à rechercher s'il existe des relations du même ordre pour la résorption intestinale de ces substances. D'après les lois de la résorption connues jusqu'ici, il était à prévoir que, en enfermant dans des anses intestinales les solutions de divers sucres de même concentration, les résultats présenteraient des différences en rapport avec les valeurs de la tension osmotique.

» J'ai étudié d'abord comparativement la résorption des divers sucres en solution à 25 pour 100, solution fortement hypertonique et attirant, par conséquent, l'eau du sang dans l'intestin, c'est-à-dire possédant une action purgative. J'avais ainsi une double comparaison à établir, l'une relative à l'intensité de la résorption, l'autre se rapportant à la force d'attraction pour l'eau. J'ai opéré dans tous les cas de la même façon, chez le lapin, introduisant dans une anse d'intestin grêle de 1^{m} de longueur, toujours à la même distance du pylore, 20^{cc} de la solution, entre deux ligatures. Les expériences avec le glycose montrèrent que, dans ces conditions, la quantité de liquide retrouvée dans l'intestin atteignait son maximum au bout de deux heures, et le rapport entre cette quantité (l') et la quantité introduite (l) était alors de 4,5 en moyenne. Au bout de ce temps, le titre de la solution était tombé à 4 pour 100 environ, la quantité de sucre résorbée s'élevait à $1^{gr},27$ en moyenne, et le rapport entre cette quantité (s') et la quantité introduite (s) était, par conséquent, 0,254. Le rapport $l' : l$ (coefficient de transsudation, ou coefficient purgatif) se montrait, dans une certaine mesure, indépendant du volume de la solution, c'est-à-dire que, pour une même concentration, la quantité de liquide attirée dans l'intestin était proportionnelle au volume introduit. Il n'en était pas de même des quantités de sucre résorbées, qui croissaient moins vite que les quantités introduites, de telle sorte que le rapport $s' : s$ baissait avec l'augmentation de l'apport de sucre.

---

(1) Laboratoire de Physiologie de la Faculté de Médecine de Montpellier.

(2) Hédon et Arrous, *Comptes rendus*, 13 novembre 1899.

» Voici maintenant les valeurs de ces rapports pour les différents sucres étudiés, à la même concentration de 25 pour 100. En ce qui concerne la transsudation de l'eau, c'est-à-dire l'action purgative, les quantités de liquide attirées dans l'intestin et, par conséquent, le rapport $l' : l$ augmentent graduellement depuis le raffinose (coefficient 2,5) jusqu'à l'arabinose (coefficient 6), en passant par les bihexoses (coefficient 3,15 pour maltose et lactose, 3,4 pour saccharose) et les hexoses (coefficient 4,5 pour glycose et lévulose, 4,7 pour galactose); en d'autres termes, le pouvoir d'attraction pour l'eau, ou l'énergie de l'action purgative, croît en raison inverse du poids moléculaire de ces sucres, de même que leur pouvoir diurétique, ainsi que nous l'avons établi précédemment.

» Mais avec l'arabinose s'arrêta cette progression ascendante, car avec l'érythrite (qui pourtant possède, en injection intraveineuse, un coefficient diurétique encore plus élevé que celui de l'arabinose), le coefficient de transsudation était seulement 4,5, comme pour le glycose.

» Conformément à cela, le pourcentage de sucre retrouvé dans l'intestin varie d'après les sucres et va en augmentant de l'arabinose au raffinose, étant donné d'ailleurs, d'une part, que les solutions enfermées dans une anse intestinale tendent à se mettre en équilibre isotonique avec le sang, et d'autre part, que chaque espèce de sucre possède un coefficient isotonique propre qui croît avec le poids moléculaire (pour la valeur de ces coefficients, *voir* notre Note du 13 novembre). La teneur en sucre du liquide intestinal au bout de deux heures était, en effet, de 8,8 pour 100 avec le raffinose, de 6 à 7 pour 100 avec les bihexoses, 4 pour 100 environ avec les hexoses et 3 pour 100 avec l'arabinose.

» Pour ce qui est de l'intensité de la résorption, elle croît également en raison inverse du poids moléculaire. Elle fut trouvée plus faible avec le raffinose ($s' : s = 0,102$), plus élevée avec les bihexoses ($s' : s = 0,152$ pour le sucre de canne), plus forte encore avec les hexoses ($s' : s = 0,254$ pour le glycose) et au plus haut point avec l'arabinose ($s' : s = 0,280$).

» Ces phénomènes étaient évidemment en rapport avec la tension osmotique, celle-ci présentant pour les diverses espèces de sucres à la même concentration des valeurs d'autant plus élevées que le poids moléculaire est plus faible. Mais maintenant, pour faire abstraction de ce dernier facteur et rechercher quelles influences les autres propriétés des sucres (grandeur et structure de leurs molécules, par exemple) auraient sur l'intensité de la résorption, j'ai introduit dans l'anse intestinale différents sucres en solutions isotoniques entre elles. De plus, pour supprimer tout courant endos-

motique, j'ai employé des solutions telles que leur concentration moléculaire fût à peu près égale à celle du sérum sanguin. (Parmi les sucres à poids moléculaire élevé, j'ai choisi le raffinose, parce qu'il demeure inaltéré dans l'intestin.) Dans ces conditions, la résorption se montra la plus intense pour les deux hexoses étudiés, glycose et galactose, moindre pour l'arabinose, et comparativement beaucoup plus faible pour le raffinose, tant en valeur absolue qu'en valeur relative. En introduisant dans l'anse intestinale 50^{cc} de la solution isotonique au sérum pour chaque sucre, le rapport $s' : s$ s'élevait au bout de deux heures à 0,43 avec le glycose, 0,36 avec l'arabinose et tombait à 0,08 avec le raffinose. »

PHYSIOLOGIE ANIMALE. — *Les organes périphériques du sens de l'espace.* Note de M. E. de Cyon, présentée par M. Marey.

« Sous ce titre, j'ai eu l'honneur, le 31 décembre 1877, de présenter à l'Académie ([1]) une Note dans laquelle fut affirmée pour la première fois l'existence d'un organe spécial, destiné à nous procurer des sensations de direction et d'étendue. A l'aide de ces sensations se forme notre notion d'un espace extérieur à trois dimensions.

» Sur cet espace idéal nous projetons toutes les sensations provenant des autres sens (vue, toucher, etc.) qui forment les *espaces visuel* ou *tactile*. En m'appuyant sur les résultats des recherches expérimentales (poursuivies depuis 1873), sur les phénomènes découverts par Flourens, je suis parvenu à localiser l'organe du sens de l'espace dans les canaux semi-circulaires du labyrinthe. C'est à l'aide de ce sens que les animaux parviennent à s'orienter dans les trois directions de l'espace.

» Dans l'exposé détaillé de mes recherches ([2]) sur ces fonctions du labyrinthe j'avais induit trois conséquences forcées de ma théorie :

» 1° Le vertige visuel est le résultat d'un désaccord entre les sensations fournies par les canaux semi-circulaires et celles données par la vue, entre l'*espace idéal* et l'*espace visuel* : donc les sourds-muets privés des canaux semi-circulaires ne doivent pas connaître ce vertige. En effet, les

---

([1]) *Comptes rendus*, 1877.

([2]) *Recherches expérimentales sur les fonctions des canaux semi-circulaires et sur leur rôle dans la formation de la notion de l'espace* (*Bibliothèque de l'Ecole des Hautes Études*, t. XVIII, 1878).

expériences faites sur les sourds-muets par James, Kreidl, Strehl et autres ont démontré depuis que la notion même du vertige est inconnue à une grande partie de ces malades.

» 2° Les otocystes chez les invertébrés doivent jouer le même rôle dans l'orientation que les canaux semi-circulaires chez les vertébrés. Les expériences si variées d'Yves Delage sur les mollusques et les crustacés ont permis de conclure « que l'otocyste est l'organe spécial destiné à assurer » une locomotion correcte et que la vue et le toucher destinés à des fonc- » tions différentes peuvent cependant suppléer les otocystes lorsque celles- » ci sont détruites ([1]). »

» 3° Si les trois paires de canaux semi-circulaires disposés dans les trois plans perpendiculaires de l'espace servent à former la notion d'un espace à trois dimensions, les animaux ne possédant que deux paires de canaux ne doivent connaître qu'un espace bidimensionnel et se diriger seulement dans deux directions de l'espace; ceux à une paire de canaux ne sauraient se diriger que dans une seule direction.

» Dès 1878, j'ai pu vérifier l'exactitude de cette dernière induction par des expériences sur la lamproie (*Petromyzon fluviatilis*); ces poissons ne possèdent que deux paires de canaux; ils ne se dirigent volontairement que dans deux directions de l'espace. Pour se déplacer à longue distance ils sont forcés de s'accrocher au moyen de leur suçoir à la queue d'autres poissons ou aux navires. Tout récemment j'ai pu vérifier ce même fait par des expériences sur des animaux qui, dès leur naissance, ne possèdent, d'après les recherches de B. Rawitz ([2]) qu'une seule paire de canaux, les verticaux supérieurs. Ce sont les souris dansantes japonaises. Ces petits animaux, tout en possédant au plus haut degré l'*aptitude à maintenir l'équilibre et à coordonner tous leurs mouvements*, ne se meuvent jamais qu'en zigzag, tantôt à droite, tantôt à gauche, décrivent constamment des cercles et exécutent pendant des heures entières une danse tournante (genre valse à plusieurs figures et par couples) sans montrer jamais le moindre indice de vertige. On peut dire qu'en dehors de leur sommeil et de leurs repas elles dansent continuellement ([3]). Ces souris *ne peuvent se diriger ni en ligne droite ni dans le sens vertical.* Elles ne parviennent à escalader une

---

([1]) Yves Delage, *Sur une fonction nouvelle des otocystes comme organes d'orientation locomotrice* (*Arch. de Zool. expérim.*, t. V, 1887.)

([2]) *Archiv für Physiologie*, von Engelmann, 1899.

([3]) *Recueil du cinquantenaire de la Société de Biologie*, 1900.

pente inclinée que par hasard et uniquement dans l'obscurité complète. Le moindre rayon de lumière les fait dégringoler immédiatement. L'aveuglement subit provoque chez elles les mêmes troubles moteurs que l'extirpation simultanée des trois paires de canaux semi-circulaires chez les autres animaux.

» Ainsi les trois conséquences induites de ma théorie du sens de l'espace ont été pleinement confirmées par les observations et expériences ultérieures. Grâce à l'ensemble de mes recherches expérimentales de ces dernières années sur les canaux semi-circulaires je suis parvenu à formuler les bases de cette théorie dans les trois propositions suivantes :

» 1° L'orientation dans les trois plans de l'espace, c'est-à-dire le choix d'une des trois directions de l'espace, dans lesquelles s'exécutent les mouvements des vertébrés, est la fonction exclusive des canaux semi-circulaires;

» 2° La détermination des forces d'innervation nécessaires aux centres nerveux, pour le maintien de l'équilibre et pour l'orientation dans l'espace, s'accomplit en grande partie à l'aide du labyrinthe. Elle peut pourtant être suppléée jusqu'à un certain point par les organes de la vue, du toucher, etc. Cette détermination s'accomplit grâce à une action inhibitrice continue exercée par les terminaisons nerveuses des ampoules et des otocystes sur les centres nerveux qui président à l'innervation des muscles volontaires. Ce caractère inhibitoire de l'action des canaux semi-circulaires fut déjà entrevu par Flourens qui la désignait comme une action qui *modère*, une force qui *régit* (¹). Chevreul fut encore plus précis en désignant les canaux semi-circulaires comme des organes qui *empêchent* les phénomènes de Flourens de se manifester;

» 3° Les sensations provoquées par l'excitation des canaux semi-circulaires sont des sensations de direction et d'espace. Elles ne parviennent à notre perception consciente que si nous concentrons notre attention sur elles. Les qualités de ces sensations ainsi que les plans dans lesquels s'opère l'orientation dépendent de la position anatomique des canaux semi-circulaires en état de fonctionner normalement.

» Un exposé détaillé de mes récentes recherches sur le sens de l'espace est sur le point de paraître (²). »

(¹) *Journal des Savants*, p. 10; 1831.

(²) *Ohrlabyrinth, Raumssinn und Orientirung* (*Archiv von Pflüger*, Vol. LXXXI).

OPTIQUE. — *La focimétrie photogrammétrique en microscopie.* Note de M. V. **Legros**, présentée par M. Marey.

« Les constructeurs de microscopes et les micrographes ne sont qu'assez pauvrement pourvus de moyens de détermination des constantes optiques de leurs instruments; on sait, d'autre part, que l'appareil photogrammétrique connu sous notre nom constitue un instrument très maniable pour la détermination pratique des constantes optiques des objectifs photographiques. Il nous a semblé qu'il suffirait d'en réduire l'échelle pour le rendre applicable aux besoins de l'optique photographique.

» Dans cette vue, nous avons fait appel à l'expérience du constructeur Stiassnie, chef actuel de la maison Vérick. Les premiers essais tentés avec son concours ont montré que, pour répondre à toutes les exigences actuelles de la pratique, la construction d'un instrument spécial n'est même pas indispensable. La méthode est donc immédiatement à la portée de tout laboratoire scientifique qui dispose, en dehors du microscope, d'un cercle divisé horizontal donnant la minute.

» Le microscope doit être inclinant et pourvu d'une vis micrométrique à tête divisée, ainsi que de la sous-platine à crémaillère et pignon du condensateur Abbé. C'est cette sous-platine qui porte les systèmes optiques à essayer, à l'aide de bonnettes appropriées qui se substituent au condensateur. Ces bonnettes, de la forme générale des « diaphragmes à tube », sont les seules pièces nouvelles nécessaires. Le microscope est armé d'un objectif et d'un oculaire faibles, donnant ensemble un grossissement d'une centaine de fois. Sur la platine est disposé un micromètre, la graduation tournée en dessous vers la sous-platine.

» Le microscope, ainsi préparé et incliné jusqu'à l'horizontale, est placé sur la plate-forme supérieure du cercle divisé, en face d'une fenêtre ayant des vues sur des objets éloignés, la sous-platine tournée vers l'extérieur, le miroir rejeté en dehors du champ, qui doit rester libre.

» Le micromètre est d'abord mis au point dans le microscope ordinaire et les traits de la graduation sont orientés verticalement. A l'aide de la crémaillère de la sous-platine, et en observant dans le microscope, on met à son tour au point, sur ce même micromètre, l'image des objets extérieurs produite par le système optique essayé, de telle façon que l'image d'une verticale éloignée coïncide avec le trait central de la graduation. S'il s'agit

d'un objectif à immersion, il est dûment plongé dans son fluide d'immersion. Dans un réglage idéal, le point nodal *d'avant* du système optique essayé devrait, en ce moment, se trouver situé sur l'axe de rotation : on se basera approximativement sur cette considération dans le placement du microscope sur la plate-forme.

» A l'aide du mouvement du cercle, l'image de la verticale choisie est alors amenée successivement en coïncidence avec deux traits de la graduation, symétriques par rapport au trait central. Soient $2l$ la longueur ainsi interceptée sur le micromètre; 2α l'angle qui y correspond sur le cercle; f la longueur focale cherchée. On a

$$l = f \operatorname{tang} \alpha, \qquad \text{d'où} \qquad f = l \frac{1}{\operatorname{tang} \alpha} = l \cot \alpha.$$

» Comme, dans l'intérêt même de la sûreté de la lecture, on s'arrête aux divisions principales du micromètre, la valeur de l sera généralement exprimée par un nombre entier inférieur à dix; et, en employant une table des cotangentes naturelles, la multiplication s'effectuera à vue.

» La longueur focale ainsi trouvée est rapportée au point nodal *d'arrière*. On déduira la position de ce point nodal par rapport aux parties matérielles de la monture de l'objectif essayé, en transportant cet objectif sur le tube du microscope et en en déterminant la « distance frontale » à la manière ordinaire, à l'aide de la vis micrométrique.

» Pour les oculaires du type Huygens, qui ne donnent d'image réelle extérieure que par une seule extrémité, c'est cette extrémité qui sera tournée vers le micromètre.

» La méthode photogrammétrique de focimétrie comporte les causes d'erreurs suivantes : 1° écart entre le plan de l'image réelle fournie par le système optique et le plan du micromètre; 2° erreur résultant pour la mise au point de ce système de ce que le repère n'est pas à l'infini; 3° erreur provenant de ce que l'axe de rotation ne passe pas par le point nodal d'avant du système; 4° erreur pouvant provenir d'un écart latéral de ce même système, par rapport au plan général de symétrie; 5° erreurs de graduation et de lecture : α, du micromètre; β, du cercle.

» La première de ces erreurs peut être rendue négligeable à la discrétion de l'observateur par l'application de la mise au point *parallactique* de M. Clarence E. Woodmann, application réalisable ici par un déplacement imperceptible de l'objectif du microscope d'observation sur un revolver. Les trois suivantes s'annulent également par le choix d'un repère suffisamment éloigné.

» Il n'en est pas de même des erreurs α et β, qui dépendent immédiatement du degré de perfection matérielle de l'outillage usuel de la Science. En admettant l'approximation du millième de millimètre et de la minute pour l'ensemble des doubles

lectures du micromètre et du cercle, les premiers essais portant sur des objectifs de 30^{mm} à $1^{mm},6$ de foyer avaient conduit de ce chef à l'évaluation d'une erreur relative présumable de $\frac{1}{200}$ à $\frac{1}{175}$ de la longuenr focale cherchée. Les dernières séries d'essais faites sur des objectifs de 3^{mm} à 1^{mm} de foyer, en prenant pour chacun plusieurs valeurs différentes de l et de α, n'ont pas donné d'écarts supérieurs à un centième de millimètre.

» Comme erreur relative, ces résultats sont moins satisfaisants que ceux que, sous des formules identiquement les mêmes, donne pour l'objectif photographique la focimètrie photogrammétrique. Cela tient à ce qu'en Photographie les grandeurs linéaires b sont incomparablement plus considérables, et les angles notablement plus étendus, alors que les erreurs absolues peuvent être maintenues entre les mêmes limites. Tels qu'ils sont, ces résultats semblent néanmoins plus avantageux que ceux des procédés plus détournés et plus discutables dont a dû jusqu'ici se contenter l'Optique microscopique. »

MINÉRALOGIE. — *Sur les transformations endomorphiques de l'andésite de Santorin sous l'influence d'enclaves enallogènes calcaires.* Note de M. **A. Lacroix**, présentée par M. F. Fouqué.

« Au cours d'une mission en Grèce, je me suis attaché à recueillir dans les champs de laves, entourant le cratère du Georgios (notamment à Aphroessa), les documents nécessaires à la démonstration définitive de phénomènes d'endomorphisme que j'ai brièvement indiqués [1], il y a quelques années, en décrivant les enclaves recueillies à Santorin par M. Fouqué, lors de l'éruption de 1866-1867.

» Celles de ces enclaves se rapportant au sujet qui m'occupe ici appartiennent aux trois catégories suivantes :

» 1° Cornéennes, essentiellement constituées par du pyroxène, de la wollastonite, du mélanite, de la humboldtilite (uniaxe et négative et dans d'autres cas monoréfringente), de la calcite généralement transformée en anhydrite. Ces cornéennes présentent d'extrêmes variations de composition minéralogique et de structure dans le même lit d'un même bloc.

» 2° Géodes scoriacées, hérissées de cristaux de wollastonite, de mélanite et de humboldtilite.

---

(1) *Mémoires des Savants étrangers*, t. XXXI, n° 7, et *Les enclaves des roches volcaniques*, 1893.

» 3° Nodules ovoïdes, généralement creux, à périphérie compacte et à remplissage géodique, formés par des cristaux d'anorthite, d'augite d'un vert noir, d'olivine et de sphène; des nodules plus petits présentent la même composition; mais le pyroxène (*fassaïte*) y est plus abondant et vert.

» Les principaux minéraux de ces divers types d'enclaves ont été autrefois analysés par M. Fouqué et mesurés par Hessenberg. Les cornéennes et les géodes à wollastonite sont, sans aucun doute, le résultat de la transformation *exomorphe* de calcaires argileux et siliceux dont j'ai du reste trouvé des fragments imparfaitement transformés. Je me propose de démontrer que les autres produits énumérés plus haut sont au contraire le résultat de la transformation *endomorphe* du magma volcanique par absorption des mêmes calcaires et non point des ségrégations basiques de ce magma.

» La parenté de ces diverses enclaves ne saute pas aux yeux au premier abord (j'ai cependant trouvé dans quelques nodules à anorthite de petites géodes tapissées de cristaux de wollastonite); l'étude microscopique d'un nombre suffisant d'échantillons conduit au contraire à des résultats fort probants.

» Sous une apparente analogie de caractères extérieurs, les nodules à anorthite présentent d'extraordinaires variations de composition minéralogique quantitative et de structure. Les parties voisines de la zone libre des géodes sont généralement holocristallines et grenues, très pyroxéniques. La structure est, soit celle d'un gabbro, soit plus souvent celle d'un microgabbro, très riche en grains d'augite avec des phénocristaux d'anorthite. La partie périphérique des nodules présente tous les types possibles des structures diabasiques et microlitiques, depuis les types presque holocristallins, jusqu'à d'autres extrêmement riches en verre et cristallitiques; ces diverses structures peuvent s'observer sous forme de taches dans un même échantillon. La proportion d'augite y est très variable; quant aux feldspaths, ils sont très basiques, mais souvent extrêmement zonés, allant de l'anorthite au labrador.

» Quand il existe de la wollastonite, elle est groupée radialement sur le bord de cavités ou implantée sur de petits nodules de cornéenne à wollastonite et pyroxène.

» Les mêmes particularités de structure se retrouvent dans le support scoriacé des géodes à wollastonite, mais les types vitreux et cristallitiques y dominent. Les éléments des cornéennes (wollastonite souvent fibreuse et chondritique, mélanite, humboldtilite) se mélangent avec les feldspaths

et l'augite (renfermant quelquefois des grains de perowskite), établissant ainsi le passage minéralogique entre les cornéennes et les nodules à anorthite.

» Enfin, des types pétrographiques analogues, tantôt riches en wollastonite, tantôt au contraire très feldspathiques, s'observent sur quelques millimètres entre l'andésite normale et les cornéennes ou enfin dans des veinules de quelques centimètres d'épaisseur, injectées par l'andésite dans de grosses enclaves de cornéennes.

» Les faits qui viennent d'être résumés montrent qu'il existe tous les passages possibles entre l'andésite pauvre en chaux (essentiellement constituée par des microlites d'oligoclase avec quelques phénocristaux de labrador, d'hypersthène et d'augite) et des cornéennes résultant de la transformation de calcaires, passages s'effectuant par l'intermédiaire de roches très calciques, riches en pyroxène, en feldspaths tricliniques basiques (labrador à anorthite) et contenant parfois de l'olivine, c'est-à-dire de roches de la famille du basalte. Il est facile de suivre pas à pas les diverses phases de la transformation de l'andésite, et aucun cas d'endomorphisme ne peut être établi d'une façon plus saisissante que celui-ci.

» J'ai fait remarquer déjà combien les phénomènes métamorphiques des enclaves des roches volcaniques offrent d'intérêt au point de vue théorique; ils nous montrent dans bien des cas, mais en raccourci, des phénomènes de contact analogues à ceux des roches de profondeur et permettent de saisir les stades successifs de leur évolution, souvent incomplète. A ce point de vue, on peut comparer les transformations des andésites qui viennent d'être étudiées avec certains phénomènes endomorphes du granite. On retrouve dans l'inhomogénéité minéralogique et structurelle d'un nodule à anorthite de Santorin beaucoup de traits communs avec celle qui caractérise l'auréole endomorphe du massif de granite de Quériqut (Ariège) au contact des calcaires, qu'il a métamorphisés. L'analogie se retrouve plus frappante encore quand on compare les nodules à anorthite de Santorin, charriés dans l'andésite et séparés des enclaves de cornéennes qui m'ont servi à les interpréter, avec les enclaves basiques qui, dans l'Ariège, jalonnent les contacts granitiques et sont elles aussi, à mes yeux, des débris d'une zone endomorphisée. »

MINÉRALOGIE. — *Sur la non-existence du système hexagonal.* Note de M. Fréd. Wallerant, présentée par M. Fouqué.

« Depuis longtemps l'attention des physiciens et des cristallographes a été appelée sur ce fait que les corps cristallisés différaient peu par leurs propriétés physiques des corps isotropes, et Mallard en a donné une expression mathématique en montrant que les paramètres des cristaux différaient peu de ceux d'un corps appartenant au système cubique. Or la même relation entre les paramètres se vérifie pour les cristaux considérés comme hexagonaux ; ce qui est tout à fait inexplicable, comme je l'ai déjà fait remarquer ailleurs, puisqu'on ne peut comparer un réseau hexagonal à un réseau cubique. D'autre part, la propriété que possède la calcite, par exemple, de se macler par actions mécaniques, ne peut s'expliquer qu'en lui attribuant un réseau ternaire, tandis qu'il faut attribuer un réseau presque hexagonal à l'arragonite : ce qui constituerait une dérogation à la loi générale de la conservation sinon complète, du moins très approchée du réseau, dans les différentes formes d'un corps polymorphe.

» Pour ces différentes raisons, j'ai été amené à rechercher si les corps considérés comme hexagonaux ou presque hexagonaux avaient bien en réalité un axe hexagonal réel ou limite. J'ai recherché les travaux concernant ces corps, j'en ai étudié moi-même un certain nombre et pour tous je suis arrivé à cette conclusion, qu'ils ne possédaient qu'un axe ternaire réel ou limite et que la parité apparente de cet axe résultait de groupements de *cristaux*. Ces derniers satisfont aux lois qui régissent les groupements autour des axes ternaires et comme, en outre, les éléments de symétrie de l'ellipsoïde d'élasticité optique coïncident avec les éléments de symétrie du groupement, il en résulte que ceux-ci paraissent homogènes au point de vue optique.

» En effet, si la particule complexe possède un axe ternaire, deux cristaux peuvent se grouper à 180° l'un de l'autre, et le groupement aura un axe sénaire et six plans de symétrie, les plans a^2 et b^1 (notation du système cubique); si la particule complexe possède un axe ternaire-limite et un plan de symétrie b^1, six cristaux pourront se grouper, qui se répartiront en trois sous-groupes : les deux cristaux de chacun de ceux-ci, ayant un même plan de symétrie b^1 et étant symétriques l'un de l'autre par rapport au plan a^2 perpendiculaire sur b^1, simuleront un cristal orthorhombique,

dont l'angle sera de 120° ou voisin de 120°. Enfin, si la particule complexe possède un axe ternaire-limite et si le plan b^1 n'est qu'un plan-limite, douze cristaux pourront se grouper, qui se répartiront en trois sous-groupes : les quatre cristaux de chacun de ceux-ci sont symétriques par rapport à un plan b^1 et à un plan a^2 perpendiculaires l'un sur l'autre, et ils simuleront par suite un cristal orthorhombique dont l'angle sera égal ou voisin de 120°.

» Comme exemple du premier cas, je citerai la néphéline, dont les soi-disant cristaux hexagonaux sont formés, comme l'a montré M. Baumhauer, de deux cristaux ternaires orientés à 180° l'un de l'autre.

» Comme exemple du second cas, je citerai, parmi les cristaux que j'ai étudiés moi-même, le sulfate de potasse, qui est monoclinique; ce qui explique pourquoi, fréquemment, l'extrémité d'un cristal allongé ne présente que la moitié des faces exigées par la symétrie orthorhombique; la cymophane, la chalcosine, qui n'ont que le plan h^1 pour plan de symétrie et qui sont, en réalité, formées de nombreuses lamelles hémitropes, symétriques par rapport à g^1, comme l'indiquent les stries des faces de la zone pg^1. Dans les cristaux de péridot, les lamelles hémitropes sont accolées suivant la face p. M. Michel-Lévy (1) a nettement démontré l'existence de ce groupement en montrant que certains cristaux de péridot se résolvaient en lamelles hémitropes parallèles à p, et dont les directions d'extinction font entre elles des angles *variables* ne dépassant pas 3° : gênés dans leur développement, les cristaux ont pris une orientation voisine de l'orientation normale.

» Comme exemple du troisième cas, je citerai l'arragonite. Il résulte des recherches de MM. Hankel et Beckenkamp que l'apparence orthorhombique des cristaux de ce minéral provient du groupement de quatre cristaux symétriquement orientés par rapport aux plans h^1 et g^1. J'ai moi-même mis en évidence ces plans de macle dans les cristaux de strontianite, et ce résultat peut être étendu à tous les carbonates orthorhombiques.

» De ces exemples et d'autres que l'on pourrait citer, il paraît bien résulter que le système hexagonal n'existe pas dans la nature et que ce système n'a qu'une importance purement théorique. Dans tous les corps cristallisés, les particules complexes sont disposées suivant les mailles d'un réseau cubique ou d'un réseau pouvant se déduire de ce dernier par une légère déformation. »

---

(1) Michel-Lévy, *Mission d'Andalousie,* page 208.

GÉOLOGIE. — *La géologie de l'Australie occidentale*. Note de M. **Jules Garnier**, présentée par M. de Lapparent.

« L'Australie occidentale a fait l'objet d'un certain nombre de publications de la part de géologues éminents, mais la région centrale de cette vaste colonie, inhabitée jusqu'à ces dernières années et d'une pénétration difficile, était restée plus obscure, au moins dans ses détails. Mon fils P. Garnier avait pu y passer quelques mois en 1897 et me signalait des faits très curieux dans l'habitat de l'or, qu'on exploitait déjà très en grand; j'entrepris donc de m'y rendre avec lui en février 1898, et nous y pûmes constater les faits suivants :

» 1° La contrée est surtout formée de granits au travers desquels se montrent de très longues bandes parallèles de roches dioritiques orientées nord-nord-ouest, sud-sud-est.

» 2° Ces bandes ont souvent comme éléments, outre les cristaux d'amphibole hornblende et de feldspath, de l'or en grain presque invisible, à raison de 2^{gr} à 3^{gr} à la tonne de diorite.

» 3° Les zones dioritiques présentent des concentrations métallifères, de même direction, de même pendage à peu près vertical, et principalement formées d'or natif, de fer oxydulé, de pyrites, de galène, de chromate de plomb et de tellurures noirs ou jaunes; les premiers étant à base de mercure, d'or et d'argent, et les seconds ne tenant que de l'or.

» 4° Les zones métallifères se distinguent seulement, à l'œil, de la diorite proprement dite, par une apparence pseudo-schisteuse, qui semble due à un effet de liquation provenant de leur plus grande densité.

» 5° Les granits, encaissant l'ensemble des diorites plus ou moins métallifères, se fondent souvent au contact avec ces dernières roches, et sont parfois aurifères eux-mêmes. Cette considération et d'autres, trop longues à développer ici, nous feraient penser que tout cet ensemble de roches a une origine commune, et qu'elles ne diffèrent aujourd'hui que par suite d'une coordination subséquente des éléments, lesquels se sont groupés suivant des affinités chimiques.

» 6° Les diorites de couleur très verte, et, par suite, à base de protoxyde de fer (on a parfois trouvé dans leur masse des nids de graphite), forment un ensemble probablement magnétipolaire, ce qui expliquerait la régularité de leur direction voisine du nord-sud.

» 7° La dénudation habituelle a eu pour effet ici de former un immense plateau recouvert des éléments les plus résistants des roches disparues, lesquels s'étalent en une couche, parfois très épaisse, de sables et conglomérats quartzeux; d'innombrables fragments de quartz, mêlés à des hydrates de fer en masses de toute grosseur et, enfin, d'or natif.

» 8° L'or invisible à l'œil nu, dérivant des roches anciennes, a subi facilement l'action dissolvante des eaux très minéralisées qui circulent ici à la surface et au-dessous du sol, de sorte que l'ensemble de la couche alluvionnaire superficielle est toujours plus ou moins riche en or précipité : c'est l'or d'alluvion. Souvent la solution aurifère et acide a pu pénétrer la roche ancienne, quand elle est plus particulièrement chargée de minéraux alcalins; ceux-ci, détruits à la longue, sont remplacés par les dépôts d'or, de silice, et autres minéraux : ce sont des filons. Enfin, quand les mêmes eaux pénètrent, de la même façon, dans les zones métallifères et aurifères primitives dont nous avons parlé, elles les enrichissent en or d'une façon exceptionnelle.

» 9° Les eaux minéralisées pénètrent à la longue dans les roches les plus compactes du granit ou de la diorite, particulièrement dans leurs parties pyriteuses ou feldspathiques, formant de véritables *filons d'eau* en mouvement, parfois parallèles, se réunissant, se séparant, changeant d'inclinaison, etc. à la manière de la plupart des filons, mais se caractérisant toujours par la structure nettement schisteuse qu'ils donnent à la roche compacte primitive. Ce fait, très net ici, me donna la clé de la transformation en schistes de roches dioritiques de la Nouvelle-Calédonie, qui m'avait tant intrigué autrefois. Depuis, j'ai encore observé le même fait pour des granits du Beaujolais. »

M. Lippmann présente à l'Académie, au nom de M. *Antoine Cros*, trois épreuves photographiques en couleurs, exécutées d'après des tableaux. Le procédé employé est celui de Charles Cros. M. Antoine Cros affirme que la finesse et la justesse de ces épreuves sont dues à ce qu'elles ont été faites sans aucune retouche, et par l'application pure et simple de la méthode inventée par son frère.

M. Spalikowski adresse une courte Note statistique, relative au développement de l'alcoolisme.

Cette Note sera renvoyée à la Section de Médecine.

La séance est levée à 4 heures trois quarts.

M. B.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS DANS LA SÉANCE DU 22 JANVIER 1900.

Sur la coordination et la répartition des fractures et des effondrements de l'écorce terrestre en relation avec les épanchements volcaniques, par M. A. MICHEL-LÉVY, Membre de l'Institut. Paris, au siège de la Société géologique de France, 1898; 1 fasc. in-8°. (Hommage de l'Auteur.)

Les sucres et leurs principaux dérivés, par L. MAQUENNE. Paris, Georges Carré et C. Naud, 1900; 1 vol. in-8°. (Présenté par M. H. Moissan; hommage de l'Auteur.)

La Géographie, Bulletin de la Société de Géographie, publié par le baron HULOT et M. CHARLES RABOT. Année 1900, n° 1, 15 janvier. Paris, Masson et Cie, 1900; 1 fasc. in-8°. (Présenté par M. Milne-Edwards; hommage de la Société de Géographie.)

Bulletin international du Bureau central météorologique de France. Directeur : E. MASCART. Janvier 1900. Feuilles petit in-4°.

Revue de Physique et de Chimie et de leurs applications industrielles. Directeur scientifique: CH. LAUTH. 4e Année, n° 1, janvier 1900. Paris, Octave Doin; 1 fasc. in-8°.

Revue bryologique : Bulletin bimestriel consacré à l'étude des Mousses et des Hépatiques. T. Husnot, à Cahan, par Athis (Orne), 1900; 1 fasc. in-8°.

Recueil de Médecine vétérinaire, publié par le Corps enseignant de l'École d'Alfort. VIIIe série, t. VII, n° 1, janvier 1900. Paris, Asselin et Houzeau; 1 fasc. in-8°.

Annales des maladies de l'oreille, du larynx, du nez et du pharynx; publiées par A. GOUGUENHEIM et M. LERMOYEZ. T. XXXI, n° 1, janvier 1900. Paris, G. Masson; 1 fasc. in-8°.

La France médicale. Rédacteur en chef : Dr ALBERT PRIEUR. 47e année (nouvelle série), n° 1, janvier 1900. Paris; 1 fasc. in-4°.

Revue générale des Sciences pures et appliquées. Directeur : LOUIS OLIVIER. 11e année, n° 1, janvier 1900. Paris, Armand Colin et Cie; 1 fasc. gr. in-8°.

Mémoires et Comptes rendus des travaux de la Société des Ingénieurs civils de France, 5e série, 53e année, n° 1. Bulletin de janvier 1900. Paris, hôtel de la Société; 1 fasc. in-8°.

Bibliographie des Sciences et de l'Industrie : Répertoire industriel. 2e année, janvier 1900. Paris, Vve Ch. Dunod; 1 fasc. in-4°.

Journal du Gaz et de l'Électricité. Directeur : P. Thiercelin. 20e année. n° 1, janvier 1900. Paris; 1 fasc. in-4°.

Résultats des campagnes scientifiques accomplies sur son yacht par Albert Ier, *Prince souverain de Monaco,* publiés sous sa direction avec le concours de M. Jules Richard. Fascicule XIII : *Crustacés décapodes provenant des campagnes de l'*Hirondelle *(supplément) et de la* Princesse-Alice (1891-1897), par A. Milne-Edwards et E.-L. Bouvier, avec 4 planches. Fascicule XIV : *Nudibranches et Marsenia provenant des campagnes de la* Princesse-Alice (1891-1897), par Rudolph Bergh, avec 2 planches. Monaco, 1899; 2 fasc. in-4°. (Présentés par S. A. le Prince de Monaco et par M. Milne-Edwards; hommage de S. A. le Prince de Monaco.)

Observatorio do Rio de Janeiro. Methodo para determinar as horas das occultações de estrellas pela Lua, baseado sobre o conhecimento exacto do instante da conjuncção apparente dos dons astros, par L. Cruls, director. Rio de Janeiro, 1899; 1 fasc. in-4°.

ERRATA.

(Séance du 22 janvier 1900.)

Note de M. *W. Kilian,* Sur la structure de la portion méridionale de la zone du Briançonnais :

Page 188, ligne 25, *au lieu de* Véger, *lisez* Veyer.
Page 189, ligne 1, *au lieu de* Furfaude, *lisez* Furfande.
Même page, ligne 3, *au lieu de* Font-Sanete, *lisez* Font-Sancte.
Même page, ligne 13, *au lieu de* Champulla, *lisez* Champcella.
Même page, ligne 23, *au lieu de* et au nord-est, *lisez* et, au nord-est.

COMPTES RENDUS

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 5 FÉVRIER 1900,

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE LÉVY.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

ASTRONOMIE. — *Calcul de l'orbite d'une comète dont le mouvement géocentrique est considérable.* Note de MM. **O. Callandreau** et **G. Fayet**.

« Le relevé des particularités des orbites des nouvelles comètes, depuis 1892, montre que, pour le tiers à peu près de ces astres (9 sur 28), les différences secondes des coordonnées inscrites dans les éphémérides sont, au temps de la découverte, respectivement plus grandes que 10^s et $5'$; de sorte que, contrairement à ce qui a lieu pour les petites planètes, que l'on suit sans difficulté pendant quelques jours, l'extrapolation appliquée aux comètes, en partant des positions obtenues dans deux jours consécutifs, peut conduire à des résultats éloignés de la vérité.

» Or il arrive que les différences secondes, bien que notables, sont petites relativement aux différences premières. A cause de cela et de la grandeur

du mouvement géocentrique, le rapport $\frac{\Delta'' - \Delta}{\Delta + \Delta''}$, où Δ et Δ″ sont les distances géocentriques des deux dates consécutives, peut être supposé nul dans une première approximation. Il permet, en s'aidant d'une Table auxiliaire donnant les valeurs $\frac{1}{r}$, où $r^2 = 1 - 2\Delta\cos\psi + \Delta^2$, d'obtenir rapidement des valeurs approchées de Δ et de r (¹).

» Le Tableau ci-dessous indique le résultat de calculs rapides pour les neuf comètes où l'extrapolation proportionnelle serait incertaine.

Astre.	Éphéméride.		Calcul approché.	
1893 II..........	Δ : 0,43	r : 0,68	Δ : 0,44	r : 0,67
1894 II..........	0,34	1,04	0,31	1,03
1895 III.........	0,34	1,07	0,18	1,03
1896 I..........	0,45	0,85	0,52	0,86
1896 III.........	0,60	0,62	0,61	0,62
1897 III.........	0,80	1,54	0,78	1,51
1898 V..........	0,59	1,52	0,56	1,51
1898 X..........	0,61	0,97	0,61	0,97
1899 *a*..........	0,86	0,95	0,55	0,86

» Pour sept des comètes l'accord, particulièrement pour r, est très satisfaisant entre les résultats des calculs approchés et les nombres des éphémérides.

» En poussant plus loin, pour les deux autres astres, la comparaison du calcul et des éphémérides, on obtient pour le logarithme de la distance périhélie q, et l'époque T du passage au périhélie :

Astre.	Éphéméride.		Calcul approché.	
1895 III........	l. q : $\bar{1}$,92	T : oct. 20	l. q : 1,94	T : oct. 28
1899 *a*..........	$\bar{1}$,51	avril 13	1,66	avril 10

» Malgré les écarts des Δ, on a donc encore des indications utiles sur les éléments des orbites.

» On sait quel intérêt les astronomes qui viennent de découvrir une comète attachent à publier presque en même temps les premiers renseignements sur son orbite, malgré leur incertitude inévitable. Ce qui précède montre que deux observations, en principe insuffisantes, peuvent

(¹) M. Radau a naguère indiqué les avantages de la Table auxiliaire dont il s'agit (*Bulletin astronomique*, 1887, p. 409).

cependant, quand il s'agit d'astres ayant un mouvement géocentrique assez fort, guère inférieur à 2° par jour, conduire à des résultats utiles.

» La méthode d'Olbers est alors réduite à la plus grande simplicité.

» Soient, pour les époques t et t'' des deux observations :

r et r'' les rayons vecteurs de la comète;
Δ et Δ'' les distances géocentriques;
R et R'' les rayons vecteurs de la Terre;
$\varkappa$ la corde joignant les deux positions de la comète;
ψ et ψ'' les angles à la Terre;
$\theta' = k(t'' - t)$ (k constante de Gauss);

la méthode consiste à combiner la relation d'Euler-Lambert, dans le cas d'un petit intervalle de temps

$$o = \frac{1}{\frac{r + r''}{2}} - \frac{\varkappa^2}{2\theta'^2} + \frac{1}{24}\frac{\theta'^2}{\left(\frac{r + r''}{2}\right)^4} + \ldots,$$

avec la valeur du rapport $\frac{\Delta''}{\Delta}$ donnée par la relation d'Olbers.

» L'hypothèse $\frac{\Delta''}{\Delta} = 1$ réduit l'expression générale de $\varkappa^2$ au moyen de $\frac{\Delta + \Delta''}{2}$ et $\frac{\Delta'' - \Delta}{2}$ à trois termes, à un trinome du second degré en $\frac{\Delta + \Delta''}{2} = \Delta$. D'autre part, posant $\frac{r'' - r}{r + r''} = \operatorname{tang}\omega$, d'où $\sin 2\omega = \frac{r''^2 - r^2}{r^2 + r^{2''}}$, on a, d'une manière générale,

$$\frac{r + r''}{2} = \sqrt{\frac{r^2 + r''^2}{2}}\cos\omega,$$

$$2(r^2 + r''^2) = (\Delta + \Delta'' - R\cos\psi - R''\cos\psi'')^2 + (\Delta'' - \Delta - R''\cos\psi'' + R\cos\psi)^2 + 2(R^2\sin^2\psi + R''^2\sin^2\psi''),$$

$$r''^2 - r^2 = (\Delta + \Delta'' - R\cos\psi - R''\cos\psi'') \times (\Delta'' - \Delta - R''\cos\psi'' + R\cos\psi) + R''^2\sin^2\psi'' - R^2\sin^2\psi;$$

l'équation à résoudre se ramène à la forme

$$\frac{1}{r} - a\Delta^2 - b\Delta - c = o, \qquad r^2 = 1 - 2\Delta\cos\psi + \Delta^2,$$

et l'on obtient facilement une valeur approchée de Δ au moyen de la Table auxiliaire mentionnée plus haut.

» La transformation préalable des ascensions droites et déclinaisons en longitudes et latitudes n'est pas nécessaire. »

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Localisation, élimination et origines de l'arsenic chez les animaux;* par M. **Armand Gautier.**

« Dans une Communication précédente (1), j'ai établi que la glande thyroïde et, en proportion plus faible, le thymus, la peau, et même le cerveau de certains animaux (mouton, veau et porc examinés) contiennent de l'arsenic, à l'état normal, et que cet élément singulier existe dans ces organes plus particulièrement, mais non uniquement, sous forme de nucléines iodées. Avant d'étudier de plus près la constitution des divers principes arsenicaux d'origine animale, j'ai cru nécessaire, avant tout, de compléter et de préciser ces premières observations en établissant pour chacun des organes de l'économie la présence ou l'absence d'arsenic. Je l'ai fait en m'adressant tantôt aux animaux, tantôt à l'homme. Outre son intérêt intrinsèque, physiologique et toxicologique, j'espérais que cet examen, à la condition qu'il fût suffisamment complet et bien interprété, me conduirait à éclaircir le rôle que l'arsenic joue dans l'économie, dans tous les cas à connaître son mode de circulation et d'élimination. J'ai été amené à étendre ensuite cette étude à quelques aliments usuels, désireux que j'étais de savoir d'où les organes tirent l'arsenic qu'ils fixent ainsi.

A. — Organes arsenicaux.

» *a. Glande thyroïde.* — Je rappelle que chez l'homme j'ai trouvé $0^{mgr},75$ (trois quarts de milligramme) d'arsenic dans 100^{gr} de glande thyroïde fraîche. L'arsenic y est constant, du moins à l'état physiologique et même dans beaucoup de cas pathologiques (2). Les thyroïdes des autres animaux, chien, porc, mouton, m'ont paru relativement moins riches que chez l'homme en cet élément.

» *b. Peau.* — La peau privée de son tissu cellulaire sous-jacent, ainsi que de ses poils par raclage et ébouillantage, contient un peu d'arsenic. J'ai obtenu (je l'ai déjà dit), un très léger anneau avec 148^{gr} de peau de porc fraîche. Chez les myxœdémateux, où la glande thyroïde est malade, on connaît les altérations fonctionnelles et pathologiques de la peau.

» *c. Poils, cheveux, cornes.* — Ces annexes de la peau sont aussi légèrement arsenicales : 42 grammes de cheveux et poils de barbe, pris sur un sujet blond de vingt-six ans qui n'avait jamais absorbé aucune préparation d'arsenic, ont suffi pour donner une trace de ce métalloïde. J'en ai trouvé une quantité peut-être un peu plus faible dans 55 grammes de cheveux provenant d'une femme brune, alcoolique, âgée de quarante-quatre ans, tuée d'un coup de matraque sur la tête.

(1) *Comptes rendus*, t. CXXIX, p. 929; 4 décembre 1899.
(2) Voir *Comptes rendus*, t. CXXIX; Note de la page 932.

» 150gr de corne de bœuf superficiellement lavée, puis râpée, m'ont donné un anneau d'arsenic très net, quoique ne pouvant être pesé (un peu inférieur à $\frac{1}{20}$ de milligramme).

» Il nous paraît très probable, et nous reviendrons sur ce point, que c'est surtout par les poils, cheveux, ongles et autres produits cornés de la peau, que se fait l'élimination de l'arsenic normal.

» Chez les malades jeunes que j'ai soumis au traitement cacodylique (méthode hypodermique) depuis plusieurs années, j'ai constaté un allongement très notable et un épaississement remarquable de la chevelure et, en général, de tout le système pileux.

» *d. Thymus.* — Je rappelle, pour que mon énumération des organes arsenicaux soit ici complète, que j'ai trouvé un peu d'arsenic dans le thymus d'agneau.

» *e. Glande mammaire.* — Ayant rencontré l'arsenic dans quelques-uns des organes du fœtus ou des jeunes animaux en lactation, j'ai pensé qu'il leur était fourni par la mère et qu'après la naissance il leur venait aussi du lait. Il était donc indiqué de rechercher cet élément dans le sang maternel, l'ovaire, l'utérus (j'y reviendrai tout à l'heure), ainsi que dans la mamelle. La vache abattue pour cette recherche était âgée de quatre ans, et au début du rut, par conséquent à l'état de vacuité et de non-lactation. 300 grammes de glande mammaire m'ont fourni un joli anneau d'arsenic pesant environ 0mg,40. Je me propose de reprendre ce point important et d'examiner la glande pendant la lactation.

» *f. Lait.* — D'après cette observation, il était naturel de rechercher l'arsenic dans le lait. Deux litres de lait de vache, trait devant moi dans un vase de verre, m'ont donné un très léger anneau d'arsenic.

» *g. Os.* — J'ai trouvé aussi une faible trace d'arsenic dans 200gr d'os frais de pied de mouton bien privés de leur moelle osseuse. On sait que Z. Roussin avait autrefois observé que, dans les empoisonnements par l'arsenic, ce métalloïde, lorsqu'il a disparu de tous les autres organes, se retrouve cependant dans les os à l'état de traces. D'après l'expérience ci-dessus, je pense que l'arsenic, normal dans les os, ne disparaît probablement jamais entièrement de ce tissu. Je ne l'ai trouvé, dans l'os, qu'à dose extrêmement faible, mais sa quantité doit pouvoir varier beaucoup avec l'alimentation, car il me paraît, vu sa très faible proportion, ne jouer dans l'os qu'un rôle, pour ainsi dire aléatoire, de substitution aux phosphates.

» *h. Cerveau.* — Lors de mes premières recherches, j'ai trouvé l'arsenic dans le cerveau des animaux (cerveau, cervelet et bulbe), plus particulièrement chez le porc, le veau et même le mouton. Il importait à tous les points de vue, physiologique, pathologique et toxicologique, d'étendre ces recherches au cerveau humain. Elles m'ont conduit à un résultat qui, sans me surprendre entièrement, demande de nouveaux éclaircissements.

» J'ai cherché d'abord l'arsenic dans le cerveau des nouveau-nés. D'un cerveau complet (cerveau, cervelet et moelle allongée) d'enfant à terme, né bien conformé et mort d'asphyxie blanche, cerveau pesant 310gr, j'ai retiré 0mgr,4 environ d'arsenic, ce qui répond à 0mgr,133 pour 100 de substance fraîche. D'après la Note qui accompa-

gnait cette pièce venue de la Maternité, la mère, d'ailleurs vivante, n'aurait subi aucun traitement arsenical. D'un second cerveau de nouveau-né, à terme, pesant 280gr, j'ai extrait une trace à peine sensible d'arsenic. Dans un troisième cerveau d'enfant bien conformé, *mais mort-né*, cerveau pesant 320gr, je n'ai pu trouver le moindre indice d'arsenic. Même résultat entièrement négatif pour un cerveau de fœtus à terme, mais frappé de débilité. Dans 500gr de matière cérébrale d'une femme de quarante-quatre ans, alcoolique et cirrhotique, tuée par son mari d'un coup sur la tête, je n'ai pu trouver trace d'arsenic. Je n'en ai pas trouvé davantage dans le même poids de cerveau d'une femme de cinquante ans morte rapidement à l'hôpital d'une maladie de cœur.

» Les conditions de la présence de traces d'arsenic dans le cerveau humain restent donc à éclaircir. Je n'ai pas eu encore l'occasion de faire cette recherche chez l'homme adulte mâle, bien portant ou malade.

» Tels sont les tissus, organes et sécrétions où l'on trouve ce remarquable métalloïde. Si nous les rangeons suivant l'ordre de leur richesse décroissante en arsenic, nous aurons le Tableau suivant que je ne donne que comme très approximatif, le nombre des expériences, en chaque cas, étant insuffisant :

Arsenic en milligrammes pour 100gr d'organes frais.

Glande thyroïde.............	0mgr,75
Glande mammaire...........	0mgr,13
Cerveau....................	Quantité très variable ou nulle.
Thymus....................	Quantité très sensible, non dosée.
Poils, cheveux et cornes......	Traces décroissantes.
Peau	
Lait.......................	
Os	

» J'insiste encore une fois sur ce point que, pour répéter utilement ces expériences, il est indispensable de suivre attentivement la méthode de recherche de l'arsenic que j'ai décrite autrefois aux *Annales de Chimie et de Physique*, 5e série, t. VIII, p. 384, méthode perfectionnée, à propos du présent travail, comme je l'ai dit aux *Comptes rendus*, t. CXXIX, p. 936.

B. Organes non arsenicaux.

» *i. Foie, rein, rate, muscles, testicules et matière séminale.* — J'ai déjà dit que ces cinq organes ne donnent pas trace d'arsenic, du moins quand on opère sur 100 à 200 grammes de substance fraîche. Le poids d'arsenic (si l'on admettait qu'il peut exister dans l'un ou l'autre de ces tissus, mais qu'on ne l'y décèle pas faute de quantité) serait certainement inférieur au deux-centième de milligramme, c'est-à-dire au vingt-millionième, au plus, du poids de la substance fraîche. On verra plus loin l'intérêt de cette remarque au point de vue médico-légal.

» Pour le testicule, j'ai opéré d'abord sur 70gr de glande prise sur *un homme tuberculeux*. Le résultat fut négatif. Les testicules d'un bouc, testicules pesant 160gr, et ceux d'un jeune cheval adulte, pesant 280 grammes, n'ont pas donné la moindre trace d'arsenic.

» Je n'ai pas encore examiné le liquide séminal des mammifères; mais 200 grammes de laitance fraîche de hareng ne m'ont pas fourni le plus faible indice de ce métalloïde.

» *j. Glande pituitaire ou hypophyse.* — Les rapports physiologiques et cliniques que quelques auteurs ont cru voir entre les fonctions de la thyroïde et celles de l'hypophyse rendaient intéressante la recherche de l'arsenic dans cette glande close. J'ai constaté, chez le mouton, que 100gr d'hypophyse (répondant à 144 glandes à peu près entières) ne donnaient pas la plus petite quantité d'arsenic.

» *k. Pancréas.* — 250gr de pancréas de bœuf dépouillé de son tissu conjonctif ne m'ont fourni qu'une *trace douteuse* d'arsenic. L'essai eût été certainement tout à fait négatif avec 100gr à 150gr de glande. Au point de vue médico-légal, la trace en question, si tant est qu'elle fût perçue par l'expert, ne lui eût permis de faire aucune des réactions caractérisant l'arsenic, et il n'eût pu conclure affirmativement.

» *l. Muqueuses.* — La présence de traces d'arsenic dans la peau rendait intéressante sa recherche dans les muqueuses. Négative ou positive, cette constatation avait aussi une grande importance au point de vue médico-légal, l'estomac et l'intestin étant souvent choisis par l'expert pour y chercher l'arsenic quand il soupçonne un empoisonnement.

» J'ai pris d'abord la totalité de la muqueuse d'un estomac de porc soigneusement lavée et détachée de sa couche musculaire sous-jacente. Elle pesait 195gr. Elle n'a pas donné trace d'arsenic.

» D'autre part, j'ai vidé sommairement de leur contenu, par lavage avec un peu d'eau froide, le petit et le gros intestin d'une femme morte accidentellement [1]. Dans la moitié (pesant 560gr) de ce petit et de ce gros intestin, j'ai cherché soigneusement l'arsenic. Il n'y en avait pas le plus faible indice.

» Ces deux constatations sont très heureuses au point de vue toxicologique. L'absence constatée d'arsenic dans l'estomac, l'intestin, le foie, la rate, les muscles simplifie heureusement la technique des recherches médico-légales.

» *m. Tissu cellulaire. Lymphatiques.* — Dans le cas qui précède, au petit intestin examiné adhérait, avec une partie du mésentère, un tissu cellulaire très graisseux et très riche en lymphatiques. Il représentait du quart au cinquième du poids de l'organe en expérience, soit environ 130gr. La recherche de l'arsenic ayant été négative, il s'ensuit que les tissus cellulaire ou adipeux et les lymphatiques, au moins dans cette région, ne contiennent pas ce métalloïde.

» *n. Glandes salivaires.* — 250gr de glandes salivaires de bœuf traités par la méthode habituelle n'ont pas donné le plus léger anneau d'arsenic.

» *o. Capsules surrénales.* — Le même poids de capsules surrénales de bœuf bien lavées extérieurement, ont été aussi trouvées entièrement exemptes de ce métalloïde.

» *p. Ovaires. Utérus.* — 300 grammes d'ovaires et 400 grammes d'utérus de vache en état de vacuité, mais tuée en état de rut, ne m'ont pas donné le moindre indice d'arsenic.

---

(1) Femme alcoolique citée plus haut à propos des cheveux et du cerveau.

» *q. Moelle osseuse.* — Il était important de rechercher l'arsenic dans la moelle osseuse des jeunes animaux, moelle riche, on le sait, en globules lymphoïdes hématogènes, ainsi qu'en nucléines et lécithines. L'influence de cette moelle, même par simple ingestion, sur la reproduction des globules rouges et sur l'appétit, influence analogue à celle qu'exerce la médication cacodylique, m'avait fait penser que, peut-être, l'arsenic entrait dans la constitution de la moelle osseuse des jeunes sujets.

» Sur ce point, mes prévisions n'ont pas été confirmées : 250^{gr} de moelle osseuse de veau, dont Ehrlich a démontré l'activité sur la régénération des globules rouges, n'ont pas donné trace d'arsenic.

» *r. Sang.* — J'ai dit, dans une précédente Note, que je n'avais pu trouver d'arsenic dans 250^{gr} de sang de porc défibriné. 310 grammes de sang humain provenant de saignées et ventouses scarifiées pratiquées sur un apoplectique et sur un pneumonique n'ont pas donné le plus léger indice d'arsenic.

» *s. Urines.* — Comme je l'ai déjà dit, le rein ne contient pas d'arsenic; mais il n'en résultait pas nécessairement que cet élément n'existât pas dans les urines. Dans 5 litres de cette excrétion fournie par des jeunes gens bien portants, j'ai constaté l'absence complète de ce métalloïde. L'arsenic normal, que nous avons vu s'éliminer surtout par les produits épidermiques de la peau, n'est donc pas excrété par les urines, quoi qu'on sache que, chez les personnes soumises au traitement arsenical intensif, ce métalloïde est en partie rejeté par cette voie.

» *t. Fèces.* — L'arsenic s'élimine-t-il avec les mucosités ou avec les résidus digestifs intestinaux? 260 grammes de déjections fécales fournies en deux jours par un homme de vingt-sept ans se portant bien, mangeant la nourriture parisienne ordinaire, et n'ayant jamais ingéré d'arsenic, ont donné une *trace infime* de ce métalloïde. On a déjà dit que l'arsenic peut se rencontrer normalement dans quelques-uns de nos aliments, et nous allons y revenir. La trace, presque invisible, que j'ai rencontrée dans 260^{gr} de matière fécale me paraît avoir surtout cette origine. Elle pourrait provenir, il est vrai, des mucosités sécrétées par la surface de l'intestin; mais c'est là une hypothèse peu probable, car on a vu plus haut que la muqueuse intestinale, simplement rincée à l'eau pour la vider grossièrement de son contenu, ne donne pas le moindre indice d'arsenic.

» Dans tous les cas, un adulte fournissant par jour 130^{gr} à 140^{gr} d'excréments humides, et notre méthode permettant de signaler $\frac{1}{200}$ de milligramme d'arsenic, on voit que la quantité observée dans le présent cas, pour 260 grammes de fèces, étant à l'extrême limite de la visibilité, ne représente pas même $\frac{1}{200}$ de milligramme. Pour 130^{gr} d'excréments, c'est-à-dire, par jour, on aurait moins de $\frac{1}{400}$ de milligramme. Cette quantité d'arsenic est tout à fait inappréciable à la vue, encore moins est-elle apte à être soumise à aucune réaction de contrôle. Les matières fécales retenues dans le tube digestif ne contiennent donc, au moins habituellement, qu'une dose absolument insensible et incaractérisable d'arsenic.

» De ces diverses et nombreuses constatations poursuivies, non sans peine [1], sur à peu près tous les organes et excrétions de l'économie, il

(1) Je dois ici remercier de son zèle intelligent mon préparateur, M. P. Bourcet, qui m'a beaucoup aidé dans ces longues recherches.

suit que c'est par la peau, les poils, cheveux, ongles et autres produits épidermiques que s'élimine en grande partie l'arsenic normal. Une trace, infime pour les vingt-quatre heures, s'échappe aussi avec les produits de la digestion intestinale.

C. — Sources alimentaires de l'arsenic.

» Comment absorbons-nous l'arsenic que nous éliminons sans cesse, par la peau, en faible quantité?

» J'ai dit, dans mon précédent travail, que quelques aliments végétaux nous fournissent des traces d'arsenic : le navet, le chou, la pomme de terre et probablement quelques céréales poussées sur les terrains plus ou moins pyriteux. Stein en trouva, en effet, des indices dans des graminées venues sur des terres de cette nature. Des recherches méthodiques dans cette voie seraient intéressantes.

» J'ai examiné, pour le présent travail, quelques aliments très usuels.

» *u. Pain.* — Le pain que j'ai étudié est le pain Schweitzer, fait avec de la farine de blé tendre ayant crû dans le rayon d'approvisionnement de Paris (terrains crétacés). J'ai choisi ce pain, fort bon du reste, parce que sa farine, blutée à 72-78 pour 100, contient la majeure partie du gluten du grain, et parce que je connaissais le sol où avait crû le grain; 500 grammes de ce pain, à l'état frais, ne m'ont pas donné trace d'arsenic.

» *v. Viande, foie, reins, etc.* — On a vu plus haut que ces aliments étaient exempts d'arsenic.

» Il était encore indiqué de rechercher ce métalloïde dans les œufs, le poisson et, en général, dans les aliments riches en phosphore et nucléines.

» *x. Œufs.* — Six blancs d'œuf de poule, pesant 140^{gr}, n'ont pas donné d'anneau d'arsenic. Quatre jaunes d'œuf, pesant 67^{gr}, n'en ont pas fourni davantage.

» Trois œufs de poule privés de leur coquille, pesant ensemble 145^{gr}, n'ont fourni qu'une *trace très douteuse* d'arsenic. Ce doute est corroboré par les deux observations négatives ci-dessus, relatives au blanc et au jaune séparés, ainsi que par l'observation suivante : 185^{gr} d'œufs de harengs frais (*Clupea harangus*) n'ont pas donné la plus faible proportion d'arsenic.

» On a dit plus haut que l'arsenic était aussi absent de la laitance du même animal.

» 500 grammes de coquilles d'œufs de poule n'ont pas donné la moindre quantité d'arsenic.

» *y. Poisson.* — Enfin, j'ai cherché ce métalloïde dans le poisson tout entier. Un maquereau frais (*Scomber scombrus*) de 340^{gr} fut ouvert, l'estomac et l'intestin vidés par lavage, puis le tout fut détruit par ma méthode. On ne trouva pas trace d'arsenic.

» Aux aliments végétaux ci-dessus cités, contenant de minimes propor-

tions de ce métalloïde (navets, choux, pommes de terre, etc.), il faut ajouter les quelques aliments d'origine animale où j'ai constaté l'arsenic : le lait, le thymus, la peau et le cerveau en quelques cas.

» Toutes ces constatations montrent que l'arsenic ne se substitue au phosphore, même chez les animaux et dans les tissus les plus riches en nucléines, que rarement et à doses très faibles. Cette substitution a lieu électivement et seulement dans quelques organes très spéciaux qui condensent ce métalloïde : thyroïde, thymus, glande mammaire, peau, etc. Elle doit répondre à une fonction encore inconnue, mais fort importante, de ces organes, car la santé générale est incompatible avec la disparition complète de l'arsenic.

D. — Point de vue médico-légal.

» Au point de vue de la médecine légale, je tiens à remarquer que, sauf dans la thyroïde, la glande mammaire et le thymus, l'arsenic ne se trouve chez l'homme qu'à l'état de traces, souvent infimes, dans la peau, les poils, les os, le lait et quelquefois les excréments; mais, qu'il n'en a pas été trouvé le moindre indice (le cerveau mis à part) dans les autres organes et humeurs, en particulier dans ceux qui forment la masse principale du corps : muscles, foie, rate, reins, sang, urines, etc., soit que ce métalloïde ne s'y trouve réellement pas, soit que sa quantité puisse être inférieure à $\frac{1}{20\,000\,000}$ du poids de l'organe qu'on examine, limite de sensibilité de la méthode que j'emploie. Si donc l'expert (et c'est la règle qu'il suit très généralement) s'adresse séparément, dans ses recherches, à chacun des organes, ci-dessus indiqués et reconnus totalement dénués d'arsenic, et s'il y trouve des traces, surtout des traces caractérisables, de ce métalloïde, soit qu'il ait employé ma méthode, soit *a fortiori* toute autre méthode moins sensible, c'est que l'arsenic avait été absorbé, durant la vie, sous forme médicamenteuse ou criminelle.

» Le seul cas qui paraîtrait, peut-être, pouvoir laisser quelques doutes, est celui des exhumations plus ou moins tardives, alors qu'on pourrait craindre que les fermentations putréfactives n'aient répandu dans toutes les parties du cadavre l'arsenic de la thyroïde, de la mamelle et de la peau. Mais, comme on l'a vu, chez un homme adulte l'arsenic des glandes thyroïdes s'élève environ à $0^{mgr},17$, et il n'y en a ensuite que beaucoup moins dans la glande mammaire et la peau; quant aux produits épidermiques : ongles, cheveux, etc., ils ne subissent que très lentement la fermentation putréfactive. En admettant que, durant la putréfaction cadavérique, l'arsenic de

la thyroïde se répandît partout, en doublant encore sa quantité (soit $0^{mgr},34$) pour tenir compte des traces qui se trouvent dans la peau et les autres organes, en admettant même que les larves d'insectes qui détruisent le cadavre et en emportent assez rapidement au loin les matériaux, ne fissent pas leur œuvre, répandus dans tout le cadavre grâce à la liquéfaction bactérienne, ces $\frac{34}{100}$ de milligramme pour un corps humain pesant en moyenne 68 kilogrammes représentent le rapport de $\frac{34}{6800000000}$ ou $\frac{1}{200000000}$ (un deux-cent-millionième du poids du corps). Or, nous l'avons vu, la méthode la plus délicate permet d'apprécier *à peine* le $\frac{1}{20000000}$ (un vingt-millionième), c'est-à-dire une quantité dix fois plus grande. Cet arsenic ainsi dix fois plus dilué dans la bouillie cadavérique échapperait donc à toute recherche.

» J'insiste sur cette déclaration, et sur les nombres suffisamment précis sur lesquels je m'appuie, désireux que je suis de ne pas fournir, par mes recherches sur l'arsenic normal chez les animaux et chez l'homme, des armes qui pourraient être tournées contre la vérité ou inquiéter les consciences. »

GÉOLOGIE. — *Essai d'une théorie mécanique de la formation des montagnes. Déplacement progressif de l'axe terrestre* (¹). Note de M. **Marcel Bertrand.**

» Un des faits les plus frappants dans la Géologie est l'extrême mobilité de l'écorce. Non seulement les masses plissées dans les montagnes, ou ondulées dans les pays de plaines, se sont partout comportées comme des matières plastiques, mais le fait même de la sédimentation exige, partout où elle se produit, une déformation continue. Nous ne connaissons guère que des sédiments d'eau peu profonde; par conséquent, quand, dans une période, il s'est accumulé sur un point des milliers de mètres de dépôts, il faut que le fond de la mer se soit affaissé d'autant. Tous les exemples, grands

(¹) On démontre, dans la Mécanique céleste, que le déplacement de l'axe de rotation de la Terre ne peut être que très petit; mais on le démontre en admettant que la Terre est un solide invariable et qu'il n'y a pas eu de déplacements systématiques de masses importantes à sa surface, ni à son intérieur. Lord Kelvin a, je crois, le premier montré, à la réunion de la *British Association* a Glasgow, en 1874, que ces prémisses étaient contestables; si la Géologie avait pu fournir, à ce moment, à Lord Kelvin la donnée d'un déplacement systématique dans la formation des montagnes, je ne doute pas qu'il n'eût dès lors indiqué, comme conséquence, au moins la possibilité d'un déplacement systématique de l'axe de rotation.

et petits, montrent la *sensibilité* de la déformation sous l'influence des moindres actions. Une seule explication est possible, c'est que l'écorce solide cède aux pressions qui la sollicitent et tend, sous leur action, à une forme d'équilibre, exactement comme le ferait un liquide. La seule différence est dans la durée des mouvements, presque instantanés dans le cas d'un liquide, excessivement lents dans le cas d'un solide.

» Ce principe, universellement accepté par les géologues américains, sous le nom d'*isostasie,* rend compte immédiatement de la signification géologique de la loi dégagée par M. Defforges pour les variations de la pesanteur : la pesanteur est trop forte au-dessus des mers, trop faible au-dessus des continents; cela indique seulement que *les bassins des mers continuent actuellement à s'affaisser, et les saillies continentales à s'accentuer.*

» Le principe d'*isostasie* était nécessaire à rappeler avant d'aborder l'analyse des phénomènes qui accompagnent la formation des montagnes. Il faut se souvenir aussi que les chaînes européennes, toujours créées sur le bord d'une dépression équivalente à la Méditerranée actuelle, se sont progressivement, depuis le début des temps géologiques, déplacées vers le sud, en se rapprochant de la région méditerranéenne.

» Ceci posé, j'ai montré que les phases essentielles de la formation d'une montagne sont les suivantes (1) : 1° formation d'une grande cuvette géosynclinale, où les sédiments s'accumulent en la remplissant au fur et à mesure de son approfondissement; 2° formation d'un bourrelet au sud de la cuvette; 3° descente de ce bourrelet, sans cesse reformé et renouvelé, sur la cuvette qu'il recouvre d'une nappe de charriage; 4° élévation en masse de l'édifice sous-marin ainsi construit en profondeur.

» 1° La première phase, formation de la cuvette, suppose seulement qu'il existait sur cet emplacement une zone d'excès de pesanteur. La raison

---

(1) Il est intéressant de constater, dans le dernier numéro des *Comptes rendus sommaires de la Société géologique,* que M. Munier-Chalmas et M. Lugeon, par leurs remarquables études de détail dans le bassin de Paris et dans les Bauges, viennent d'être amenés, d'une manière tout à fait indépendante, à dégager quelques-unes des phases dont j'affirme ici la généralité. M. Munier-Chalmas conclut, à la suite d'une analyse pénétrante des dépôts bartoniens, que « l'épaisseur des sédiments est indépendante de la profondeur de la mer, mais est fonction de la rapidité de descente du bassin ». M. Lugeon montre que l'étude des montagnes des Bauges, formées en profondeur, nous permet « de concevoir l'existence de phénomènes actuels de plissement sans qu'ils se trahissent à la surface du sol ». M. Lugeon cite aussi un affaissement, dans la formation duquel « peut être en cause » le poids de la nappe de charriage.

a priori, ne peut guère s'en chercher que dans une ascension des masses plus denses de l'intérieur ou dans une déformation de leurs surfaces de niveau. L'existence d'une chaîne récemment formée et en voie de soulèvement, au nord de la cuvette, explique que de nombreuses matières solides y soient amenées en suspension ([1]); l'excès de pesanteur explique qu'elles se déposent rapidement, et surtout qu'elles se déposent en chaque point avec des épaisseurs proportionnelles à la vitesse d'affaissement. La cuvette se trouve toujours ainsi dans un état très voisin du remplissage complet.

» 2° L'affaissement du fond de la cuvette n'est possible que si quelque chose *fait de la place* à l'intérieur. Il faut donc qu'en profondeur une masse d'un volume équivalent se déplace. Or, l'observation montre que la cuvette se forme dissymétrique, que son fond avance vers le sud. Il y a donc dans tous les mouvements une composante horizontale vers le sud, qui doit régler le sens du déplacement. Les masses déplacées grossissent et renflent les rayons voisins, et c'est ainsi que se forme le bourrelet mentionné.

» 3° Ce bourrelet, sur le bord de la cuvette, qui continue à s'affaisser, se trouve sans contrepoids. La pesanteur seule suffirait à produire une poussée au vide; mais, en outre, par suite du refroidissement séculaire, il existe dans l'écorce des tensions, dont l'existence est d'ailleurs prouvée par le plissement progressif qui continue à accompagner tous les phénomènes et à s'y superposer. Ces tensions poussent le bourrelet sur la cuvette; il se reforme sans cesse, probablement en se déplaçant vers le sud, et ainsi débutent les grands charriages, qui, sans cesse alimentés par le même mécanisme, poursuivent leur marche vers le nord avec une force irrésistible. J'ai expliqué comment ces charriages suffisent à produire tous les caractères essentiels de la structure des régions montagneuses.

» Le poids des masses charriées produit un nouvel affaissement du fond de la cuvette, que doit encore compenser un déplacement en profondeur; on ne voit plus de raison pour que ce nouveau déplacement se fasse uniquement vers le sud. Mais s'il en était autrement, il se produirait un bour-

---

([1]) En réalité, tous les sédiments ne viennent pas de là. Une partie provient du démantèlement progressif des rides en formation qui s'élèvent au-dessus de l'eau. On peut, dans une première évaluation, négliger cet appoint. Il est à remarquer que les légères modifications qu'il pourrait introduire (diminution de la masse M) auraient précisément un signe contraire à celui du couple négligé plus loin (couple M_1M_2).

relet au nord de la cuvette, et, pour les mêmes raisons, ce bourrelet devrait déterminer un *charriage vers le sud*. Or, malgré plusieurs tentatives faites à diverses reprises pour invoquer ces *charriages inverses*, l'étude des chaînes me semble, comme à M. Suess, montrer avec certitude qu'ils n'existent pas; on ne les a invoqués que par une répugnance naturelle à attribuer une trop grande amplitude au charriage principal. J'admettrai donc que la totalité des déplacements internes se fait vers le sud.

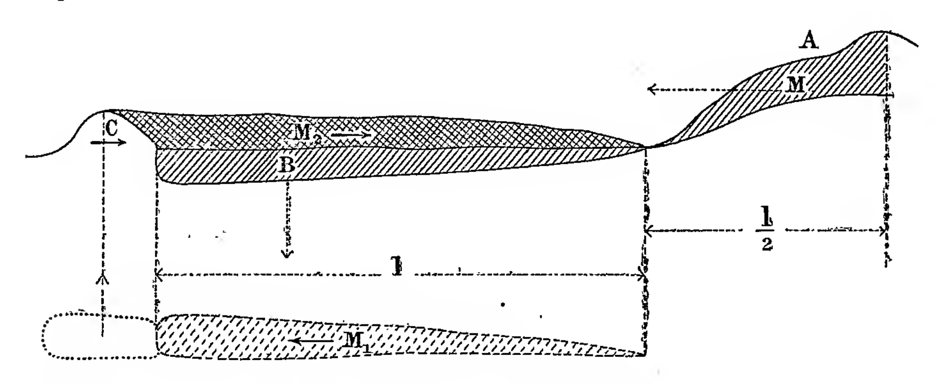
» 4° Dans les mouvements précédents, il y a eu substitution, sur la même verticale, d'un même volume de roches superficielles, moins denses, à des masses plus denses de l'intérieur; il y a donc eu tendance progressive à corriger l'excès de pesanteur primitif. Mais, de plus, on verra que ces mouvements ont eu pour conséquence de déplacer les couches superficielles de l'écorce, par rapport au noyau interne. La zone considérée ne se trouve donc plus en face de la zone profonde qui motivait l'excès de pesanteur. Pour cette double raison, l'excès de pesanteur se change en un défaut de pesanteur; la zone considérée n'est plus assez chargée; elle se soulève donc, et l'on voit bien ainsi pourquoi l'élévation des montagnes est un fait postérieur aux charriages et aux plissements qu'ils entraînent.

» Le mécanisme, en somme, se réduit à des mouvements très simples. Ces mouvements sont probablement uniformes, et, en tout cas, on peut le supposer comme première approximation. On peut donc représenter les vitesses par les espaces parcourus, et essayer de leur appliquer les théorèmes de la conservation du centre de gravité et de la conservation des aires.

» On pourrait dire, il est vrai, qu'on n'a pas le droit de considérer la formation de la montagne comme un phénomène isolé, sans tenir compte des autres phénomènes qui se passent en même temps à la surface du globe. S'il ne s'agit que de compensations de détail, cela est possible, mais s'il s'agit de compensations qui supposeraient dans d'autres régions des déplacements locaux équivalents, il est peu vraisemblable qu'un phénomène de cette importance ait échappé aux derniers essais de synthèse géologique. Sans doute il y a eu d'autres chaînes qui se sont formées simultanément : les montagnes Rocheuses en même temps que les Alpes, l'Oural dans la période carbonifère; mais ces chaînes diffèrent trop de direction et sont trop loin d'être aux antipodes de la chaîne méditerranéenne contemporaine, pour qu'on puisse songer à une compensation. Il faut donc que les conditions d'équilibre soient remplies pour chaque chaîne séparément.

» *Conservation du centre de gravité.* — Tous les mouvements indiqués

sont des mouvements très lents, qu'on peut supposer uniformes, ce qui élimine l'hypothèse de forces déplaçant le centre de gravité. La somme des projections des quantités de mouvement sur un plan quelconque passant par le centre doit donc être nulle.



M *Masse enlevée par dénudation et transportée dans la cuvette* B.
M_1 *Masse déplacée en profondeur, pour faire place à l'affaissement de la cuvette.*
M_2 *Nappe de charriage.*
C *Bourrelet formé au sud de la cuvette, et donnant naissance au charriage.*
l *Largeur commune des zones montagneuses successives.*

» Or, tous les mouvements horizontaux, d'après ce qui précède, se font dans le même sens, *sauf le charriage*. Le charriage, fait d'observation, nous apparaît donc comme une compensation nécessaire pour la conservation du centre de gravité. Nous verrons que le charriage détermine, dans le même sens que lui, d'autres déplacements, qui doublent environ sa quantité de mouvement. On peut donc écrire l'équation (l désignant la largeur commune des deux chaînes successives)

$$M\,l\,(^1) + M_1\frac{l}{2} = 2M_2\,l.$$

M_1 est approximativement égal à $M + M_2$, d'où $M_2 = M$; c'est-à-dire que la masse charriée forme la moitié des matériaux de la future montagne; à moins de lui supposer une hauteur invraisemblable (plus de 5000^m), elle a dû recouvrir toute la cuvette, soit en moyenne plus de 15° d'arc (²).

(¹) La surface dénudée en A et la cuvette B peuvent chacune être assimilées à un triangle, et alors la distance des deux centres de gravité est précisément égale à l.

(²) La quatrième phase, celle du soulèvement d'ensemble, exige qu'il y ait, aux antipodes, ascension des masses internes, ou formation d'un autre chaîne, construite

» *Conservation des aires.* — Les aires correspondant aux déplacements des masses M_1 et M_2 se compensent à peu près et l'on peut les négliger. Il reste donc à considérer l'aire correspondant au déplacement AB, c'est-à-dire au transport des matières sédimentaires dans la cuvette B; il faut qu'un autre déplacement simultané établisse la compensation. Ce déplacement ne peut pas être un déplacement local, que nous connaîtrions par la Géologie; il faut donc que ce soit un déplacement d'ensemble qui entraîne toute la surface. Ce déplacement d'ensemble peut s'appliquer à toute la Terre, ou s'appliquer seulement à une couche sphérique superficielle, plus ou moins mince. J'expliquerai, dans une prochaine Communication, que la seconde solution me semble seule pouvoir être mise en harmonie avec les observations faites sur les phénomènes volcaniques.

» Elle est d'ailleurs plus conforme à l'analyse attentive des faits relatifs à la formation des montagnes. Le déplacement d'ensemble, se faisant dans le sens du mouvement de charriage, peut être attribué au frottement produit par ce mouvement [1]; le charriage entraîne par adhérence une première couche très mince, qui elle-même entraîne un peu moins loin une seconde couche, et ainsi de suite, jusqu'à ce que le mouvement s'amortisse; c'est le mécanisme qu'on peut observer en petit dans le phénomène tout semblable des glissements produits dans les montagnes. Loin de compliquer la conception des grands charriages, il la facilite en décomposant cet énorme déplacement en une série de mouvements différentiels.

« Voilà donc une seconde conséquence, nouvelle et imprévue, de la sédimentation : les grands charriages qu'elle déclanche entraînent dans leur mouvement une couche sphérique plus profonde, d'une épaisseur plus ou moins grande. La Terre serait comparable à une orange, dont, par une forte pression de la main, on arriverait à faire tourner l'écorce tout d'une pièce, sans déplacer le fruit ni les quartiers.

» *Déplacement de l'axe terrestre.* — Le mouvement d'ensemble ne peut

---

alors sur un plan différent, *sans charriages* comme cela semble être le cas pour les Andes et pour la chaîne australienne.

(1) Du moment qu'on est amené à invoquer les frottements, on peut se demander pourquoi l'on ne tient pas compte aussi du frottement produit par le déplacement en profondeur de la masse M_1. Il me semble probable que ce déplacement en profondeur doit se produire dans une zone échauffée jusqu'à la fusion par le jeu des phénomènes décrits plus haut. On pourrait peut-être expliquer ainsi les caractères spéciaux de certaines roches des pays de montagnes, ainsi les ophites des Pyrénées, les *roches vertes* des Alpes et plusieurs *trapps* anciens.

avoir lieu sans un déplacement corrélatif dans le même sens de l'axe de rotation. La composition de l'axe instantané de la couche sphérique avec l'axe primitif donne un premier déplacement qui a lieu dans un plan normal à celui de la figure, et qui est tout à fait négligeable. Le mouvement de la masse M de A en B provoque sur la Terre un déplacement du pôle d'inertie, qui est infiniment plus considérable, qui est positif, c'est-à-dire qui a lieu dans le sens du déplacement de la chaîne, et que l'on peut calculer d'après la formule donnée dans la *Mécanique céleste* de Tisserand (t. II, p. 487). Mais le pôle d'inertie est entraîné, avec toutes les inégalités dans la surface, dans le mouvement d'ensemble de l'écorce, et ce mouvement *négatif* est au moins, selon les cas, environ cent fois plus important que le déplacement positif sur la sphère terrestre ([1]). Le mouvement total du pôle d'inertie est donc *négatif*, en sens contraire du déplacement apparent des chaînes méditerranéennes. Il en est de même du déplacement de l'axe de rotation, qui tend à chaque instant à tomber sur l'axe d'inertie.

» On trouve ainsi un premier déplacement de l'axe, qui a lieu toujours dans le même sens. Les chaînes méridiennes ont dû produire des déplacements analogues dans un sens à peu près perpendiculaire; ces chaînes (l'Oural et les montagnes Rocheuses) sont moins complètement étudiées; il semble bien pourtant que le déplacement n'y ait pas eu lieu dans un sens invariable : il faut donc s'attendre à ce que cette action des chaînes méridiennes fasse osciller l'axe autour du trajet précédemment indiqué.

» On voit ce qui manque à tous ces raisonnements pour être rigoureux. Il est donc important de retrouver, s'il est possible, les mêmes résultats par une autre voie indépendante. C'est à quoi je suis arrivé par la considération des phénomènes volcaniques et du tétraèdre de fractures, autour duquel M. Michel Lévy a montré leur remarquable coordination. J'ai pu

---

([1]) Cette évaluation est faite en attribuant à la couche entraînée le minimum d'épaisseur et une masse égale à M. Si la masse de cette couche était augmentée, le rapport indiqué augmenterait aussi et pourrait devenir égal à l'unité; l'axe pourrait alors rester invariable. Pour une valeur encore plus grande de la masse entraînée, le pôle d'inertie se déplacerait en sens inverse du sens indiqué. Nous verrons que le cas ne s'est *pas encore* produit dans l'histoire de la Terre.

Cette remarque montre que le raisonnement du texte est ici un peu sommaire; pour la pousser plus à fond, il faudrait calculer, pour chaque épaisseur de la couche entraînée, quel déplacement du pôle de rotation correspond à celui du pôle d'inertie. Le calcul est, je crois, possible; mais je ne l'ai pas fait. Il serait nécessaire surtout pour évaluer avec précision le déplacement du pôle *à la surface de la Terre*.

tracer par points sur le globe une courbe qui représente le déplacement du pôle *dans l'espace*. La courbe est une sorte de sinusoïde qui s'enroule autour d'un axe à peu près normal aux chaînes méditerranéennes.

» Tout s'enchaîne dans l'univers; le déplacement systématique de l'axe terrestre doit réagir, quoique très peu, sur les phénomènes astronomiques. J'en examinerai quelques conséquences quand j'aurai confirmé, par une autre méthode, la réalité et la grandeur de ce déplacement. »

PATHOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur une maladie des raisins des vignes du Caucase.* Note de MM. **Prillieux** et **Delacroix** [1].

« On a signalé en 1896 dans les vignobles du Caucase, dans la région de Tiflis, une maladie des raisins analogue au Black-rot. Elle a été étudiée par divers observateurs, qui l'ont considérée comme identique au mal désigné sous ce nom en Amérique et en France. Toutefois, cette opinion n'a pas été adoptée sans conteste par certains cultivateurs qui, connaissant bien le Black-rot de France, assuraient que la maladie du Caucase n'a pas la même allure que celle que l'on nomme ainsi en France, et que les dommages qu'elle cause autour de Tiflis sont notamment moindres que ceux que produit le Black-rot dans notre pays.

» Des grains malades furent envoyés du Caucase, dans différents laboratoires de recherches d'Europe.

» M. Woronine n'hésita pas à y reconnaître les pycnides du *Guignardia Bidwellii*, le champignon qui cause le véritable Black-rot. Il mit en culture un certain nombre de ces grains : au bout de quelques semaines, il obtint des périthèces qu'il considéra comme ne différant en rien de ceux du *Guignardia Bidwellii* qui ont été observés en Amérique et en France.

» M. Viala admit aussi que les grains de raisin malade qui lui furent envoyés du Caucase en 1896 étaient bien attaqués par le Black-rot.

» Les échantillons qui furent adressés en avril 1897 à la Station de Pathologie végétale nous permirent de faire des observations dont les résultats furent tout différents.

» On sait que la forme des pycnides du *Guignardia Bidwellii* a été désignée sous le nom de *Phoma uvicola*. Ce *Phoma* bien connu est caractérisé

---

(1) Cette Communication avait été faite à l'Académie dans la séance du 29 janvier dernier.

par des spores ovoïdes-globuleuses. Sur les grains reçus des vignobles du Caucase nous n'avons trouvé que des pycnides de deux formes de *Phoma* décrites par MM. Viala et Ravaz comme espèces distinctes sous les noms de *Phoma flaccida* et de *Phoma reniformis*, qui ont des spores fusiformes plus ou moins arquées et beaucoup plus longues que celles du *Phoma uvicola*. Comme nous avons fréquemment observé dans un même conceptacle tous les intermédiaires entre les stylospores fusoïdes du *Phoma flaccida* et les stylospores arquées cylindroïdes, obtuses aux deux extrémités, du *Phoma reniformis* figurées par M. Viala, nous avons, dès 1898, admis l'identité de ces deux espèces, opinion qui fut plus tard adoptée par MM. de Jaczewski et Spechnew.

» MM. Viala et Ravaz avaient considéré les *Phoma flaccida* et *reniformis* comme n'étant pas parasites et ne causant aucun dommage.

» M. de Jaczewski, chargé par le Ministre d'Agriculture de Russie d'étudier sur place la maladie des vignes du Caucase, en 1897 et 1898, observa sur les grains malades les pycnides du *Phoma reniformis* et du *Phoma flaccida*, qu'à son passage à Paris il reconnut avec nous ne former qu'une seule espèce. Selon lui, les pycnides du *Phoma uvicola* se rencontrent aussi au Caucase, mais beaucoup moins fréquemment que celles du *Phoma reniformis*, qui prédomine et a envahi toute la région.

» Dans les échantillons de grains malades rapportés par M. de Jaczewski, nous n'avons pas pu trouver de *Phoma uvicola;* seuls, des états jeunes du *Phoma reniformis* pouvaient être, à première vue, confondus avec lui.

» M. de Jaczewski, ayant mis en culture de nombreux grains attaqués exclusivement par le *Phoma reniformis*, obtint des périthèces de cette forme pycnidienne; il assura, en confirmant l'opinion de M. Woronine, qu'ils sont absolument identiques aux périthèces du Black-rot. Il admit, en conséquence, que le *Phoma reniformis* et le *Phoma uvicola* sont deux formes différentes de fructification pycnidienne du *Guignardia Bidwellii;* l'un et l'autre feraient bien réellement partie du cycle d'évolution du Black-rot : en France, c'est d'ordinaire la forme *Phoma uvicola*, au Caucase la forme *Phoma reniformis* qui se développent sur les raisins malades.

» Le parasitisme du *Phoma reniformis* sur les grains de raisin a été expérimentalement établi par les expériences d'inoculation faites à Tiflis par M. Spechnew en 1897, en collaboration avec M. de Jaczewski.

» Dans le récit très détaillé qu'a publié M. Spechnew sur l'infection de grains sains par les spores du *Phoma reniformis*, il convient de remarquer

que l'auteur dit avoir constaté, sur les grains infectés, des pycnides contenant des spores identiques à celles tantôt du *Phoma uvicola*, tantôt du *Phoma reniformis*. Il assure même avoir plusieurs fois trouvé des spores de ces deux formes contenues dans une même pycnide, ce qui semble bien confirmer la pensée que nous avons émise que ce sont des formes jeunes des spores de *Phoma reniformis* qui ont été au Caucase considérées comme appartenant au *Phoma uvicola*.

» Les taches des feuilles si fréquentes et si nombreuses sur les vignes attaquées par le Black-rot en France paraissent se montrer fort rarement sur les vignes du Caucase. M. de Jaczewski a bien assuré avoir infecté, à la fin d'avril, des feuilles de vigne avec des stylospores de *Phoma reniformis*, mais M. Spechnew n'a pu constater ce fait. Nous avons examiné quelques taches fauves sur des feuilles de vigne rapportées du Caucase par M. de Jaczewski; une seule était fertile; elle portait les conceptacles largement ouverts du *Pestalozzia uvicola*.

» Les périthèces que M. de Jaczewski a vus se produire au Caucase sur les grains envahis par le *Phoma reniformis* et qu'il identifie au *Guignardia Bidwellii* se forment dans des conditions fort différentes de celles où l'on voit en France s'organiser les périthèces du Black-rot.

» On sait que c'est seulement après l'hiver que les asques de *Guignardia Bidwellii* naissent dans l'intérieur de conceptacles qui ont été antérieurement des pycnides de *Phoma uvicola*. Après l'expulsion des stylospores, une abondante prolifération de la couche sous-hyméniale s'est produite et a rempli la cavité bien avant que les asques ne s'y différencient.

» Rien de semblable pour le *Phoma reniformis*; les périthèces s'y forment avant l'hiver et on les trouve entremêlés à des pycnides encore pleines de stylospores.

» Ce seul fait aurait dû détourner les observateurs d'identifier ces périthèces à ceux du *Guignardia Bidwellii*.

» On peut ajouter que, le plus souvent, la répartition des conceptacles du *Phoma reniformis* sur le grain diffère, d'une façon marquée, de celle que l'on observe pour le Black-rot : au lieu d'envahir tout le grain, le parasite se localise sur une tache n'occupant qu'une partie de sa surface; au-dessous, dans la profondeur de la pulpe, les tissus tués par le mycélium sont limités par une lame subéreuse.

» Nous avons trouvé, à la fin de l'année 1898, des périthèces sur des grains envahis par le *Phoma reniformis* qui avaient été rapportés du Caucase par M. de Jaczewski. Une observation récente vient de nous permettre

d'en compléter l'étude sur des grains de provenance française où des périthèces ascospores se trouvaient également côte à côte avec des pycnides remplies de stylospores de *Phoma reniformis*.

» Ils ressemblent beaucoup à première vue, il faut l'avouer, à ceux du *Guignardia Bidwellii;* ce n'est que par une observation attentive qu'on peut les en différencier, mais la comparaison entre les deux permet d'affirmer que c'est bien une autre espèce de *Guignardia* qui correspond au *Phoma reniformis* et qui cause la maladie répandue aux environs de Tiflis. Nous proposons de lui donner le nom de *Guignardia reniformis,* nov. spec.

» La taille des périthèces du *Guignardia reniformis* est sensiblement plus petite que celle du *Guignardia Bidwellii;* elle ne dépasse pas 120µ, tandis que celle du *Guignardia Bidwellii* peut atteindre et même dépasser 150µ. Le pore du *Guignardia reniformis* est, eu égard à la largeur du périthèce, plus large que celui du *Guignardia Bidwellii;* il atteint 25µ à 28µ.

» Les spores hyalines du *Guignardia reniformis* ont comme dimensions de 11µ à 15µ sur 4µ,7 à 6µ. Leur forme est plus régulière et moins anguleuse et, relativement à la longueur, la largeur maxima est moindre que dans le *Guignardia Bidwellii,* ce qui donne à la spore un aspect tout différent. De plus, la spore du *Guignardia reniformis* est le plus souvent un peu arquée, et sa plus grande largeur est à sa partie moyenne et non, comme dans le *Guignardia Bidwellii,* plus voisine d'une des extrémités.

» L'asque du *Guignardia reniformis* est claviforme, un peu atténuée à la base. Sa dimension est de 70µ sur 10µ. Les spores y sont disposées d'une façon irrégulièrement distique, tandis qu'elles sont le plus souvent en file dans le *Guignardia Bidwellii.*

» Ces observations, faites sur les échantillons nombreux que la station de Pathologie végétale de Paris a reçus à diverses reprises des vignobles des environs de Tiflis, ne permettent certainement pas de nier absolument l'existence au Caucase du véritable Black-rot causé par le *Guignardia Bidwellii;* mais elles nous autorisent du moins à affirmer que la maladie que l'on a appelée le Black-rot au Caucase est le plus souvent différente de celle qui sous ce nom a produit, tant en Amérique qu'en France, de si grands désastres, et que les grains des raisins atteints de cette maladie sont attaqués par un champignon parasite du genre *Guignardia,* voisin de celui qui produit le Black-rot, mais cependant d'espèce différente, le *Guignardia reniformis*, nov. sp. »

ASTRONOMIE. — *Observations de la comète* 1899.IV (*Tempel,* 1873.II) *faites, au grand équatorial de l'observatoire de Bordeaux, par MM.* G. Rayet, Féraud *et* Esclangon. Note de M. G. **Rayet.**

Comète 1899.IV.

Dates. 1899.	Étoiles.	Temps sidéral de Bordeaux.	Δα comète.	Δ℘ comète.	Observateurs.
		h m s	m s	′ ″	
Juillet 4......	1	18.38.11,61	−2.26,45	− 2.51,41	Féraud
5......	2	17.47.10,89	+1.12,24	+ 2.40,29	Féraud
9.	3	18.46. 6,96	+1.16,68	− 2. 9,83	G. Rayet
13.... .	4	18.47. 7,91	−3.26,82	+ 3.24,24	Féraud
14......	5	19. 2.46,24	−0.59,12	− 7.33,73	G. Rayet
15......	6	19.12.21,74	+1.47,36	− 3.33,35	Féraud
17......	7	18. 5.24,40	+0.57,96	− 2. 1,91	Féraud
18......	8	18.10.43,19	+1.27,43	− 4.23,97	Féraud
26......	9	18.35.19,29	−2.19,46	+ 1.38,90	G. Rayet
27......	10	19. 3.14,57	−4. 9,39	− 1.18,39	G. Rayet
28......	11	18.16.26,32	−1.21,99	− 1.31,45	Féraud
29......	12	19.21.45,06	−3.58,40	− 4. 4,68	G. Rayet
30......	13	19.32.16,88	−3. 6,01	− 3.32,10	G. Rayet
31......	14	19.46.11,29	+1.10,37	− 6.34,88	G. Rayet
Août 1......	15	18.51.54,67	−1.33,63	− 3.55,46	Esclangon
1.	15	19.30.47,64	−1.31,67	− 3. 5,98	G. Rayet
2......	16	18.54.20,43	−1.42,66	− 6. 7,93	Esclangon
2......	16	19.35.57,39	−1.40,65	− 5.11,98	G. Rayet
9......	17	20.11.10,67	−2.23,45	−11. 2,13	Esclangon

Positions moyennes des étoiles de comparaison pour 1899,0.

Étoiles.	Catalogue et autorité.	Ascension droite moyenne.	Réduction au jour.	Distance polaire moyenne.	Réduction au jour.
		h m s	s	° ′ ″	″
1...	Weisse₁ H. XX, 483..................	20.22.21,86	+4,08	100.27.47,8	−13,77
2...	Munich₁ 24341...	20.19.56,20	+4,11	100.45.19,9	−13,77
3...	⅓ [Cordoba 28116. — Munich₁ 24730. — Radcliffe₃ 5514]........................	20.24.52,98	+4,21	102.34. 6,5	−14,81
4...	⅓ [Weisse₁ H. XX, 811. — Sj. 8194. — Cordoba 28324]........................	20.34.29,53	+4,29	104.22.10,5	−16,08
5...	Munich₁ 25356........................	20.33.15,23	+4,32	105. 3. 9,4	−16,16
6...	⅓ [Yarnal₃ 9172.—Wash₂ 4310.—Rad₃ 5540]	20.31.41,29	+4,36	105.29.47,8	−16,02
7...	½ [Cordoba 28335. — Rad₃ 5561].........	20.34.52,14	+4,40	106.29. 1,8	−16,62

Étoiles.	Catalogue et autorité.	Ascension droite moyenne.	Réduction au jour.	Distance polaire moyenne.	Réduction au jour.
		h m s	s		
8...	½ [Munich, 25531. — Munich₂ 10647]	20.35.34,72	+4,43	107°. 3'. 8,9"	−16,80
9...	Radcliffe₃ 5624..................	20.48.54,81	+4,62	111.19.56,2	−18,48
10...	½ [Cincinati Zones 3513. — Cincinati cat. 1660]............................	20.51.57,21	+4,64	111.56.38,5	−18,79
11...	½ [Munich₁ 26554. — Munich₂ 10995].....	20.50.18,61	+4,68	112.28.53,2	−18,66
12...	¼ [Lal. 40558. — A.W. 16532. — Cordoba 28759. — Mun₁ 26796]	20.54.[illegible]8,93	+4,70	113. 5.46,2	−19,01
13...	⅓ [Wash. Zones I.186,57.—Munich₁ 26821 — Munich₂ 11080...................	20.54.28,13	+4,72	113.38.14,5	−19,07
14...	¼ [Wash. Zones.—Tacchini 975.—Cordoba Zones H.XX, 1618. — Cordoba 28712]..	20.51.23,01	+4,76	114.14. 0,0	−18,82
15...	½ [Wash. Zones. — Munich₂ 11096]......	20.55.15,67	+4,77	114.42.19,9	−18,83
16...	½ [Wash. Zones. — Cordoba 28827]......	20.56.35,54	+4,80	115.16.19,6	−19,31
17...	Washington Zones	21. 0.53,57	+4,97	118.51.13,1	−19,44

Positions apparentes de la comète 1899.IV (*Tempel* 1873.II).

Dates. 1899.	Temps moyen de Bordeaux.	Ascension droite apparente.	Log. fact. parall.	Distance polaire apparente.	Log. fact. parall.
	h m s	h m s			
Juillet 4. ..	11.47. 8,12	20.19.59,49	$-\bar{1}$,267	100°.24'.42",6	−0,856
5....	10.52.19,83	20.21.12,55	$-\bar{1}$,426	100.47.46,4	−0,849
9....	11.37.22,26	20.26.13,87	$-\bar{1}$,252	102.31.41,9	−0,866
13....	11.20.39,74	20.31. 7,00	$-\bar{1}$,281	104.25.18,7	−0,872
14....	11.32.19,60	20.32.20,43	$-\bar{1}$,222	104.55.19,5	−0,878
15....	11.37.57,63	20.33.33,01	$-\bar{1}$,182	105.25.58,4	−0,881
17....	10.23.19,44	20.35.54,50	$-\bar{1}$,428	106.26.43,3	−0,871
18....	10.24.41,44	20.37. 6,58	$-\bar{1}$,419	106.58.28,1	−0,873
26....	10.17.46,21	20.46.39,97	$-\bar{1}$,390	111.21.16,6	−0,891
27. ..	10.41.48,02	20.47.52,46	$-\bar{1}$,305	111.55. 1,3	−0,898
28....	9.51. 4,53	20.49. 1,30	$-\bar{1}$,451	112.27. 3,1	−0,885
29....	10.52.16,66	20.50.15,23	$-\bar{1}$,240	113. 1.22,5	−0,905
30....	10.58.50,85	20.51.26,84	$-\bar{1}$,193	113.34.23,3	−0,908
31....	11. 8.47,07	20.52.38,14	$-\bar{1}$,117	114. 7. 6,3	−0,913
Août 1....	10.10.43,42	20.53.46,81	$-\bar{1}$,372	114.38. 5,6	−0,900
1....	10.49.30,02	20.53.48,77	$-\bar{1}$,217	114.38.55,1	−0,909
2....	10. 9.12,87	20.54.57,68	$-\bar{1}$,370	115. 9.52,4	−0,902
2....	10.50.43,01	20.5.459,69	$-\bar{1}$,196	115.10.48,3	−0,913
9....	10.58.19,16	21. 3.21,99	$-\bar{1}$,033	118.39.51,5	−0,925

La comète est toujours restée faible avec un noyau légèrement excentré.

VOYAGES SCIENTIFIQUES. — *Sur la deuxième campagne de la* Princesse-Alice IIe. Note de S. A. S. le Prince **Albert Ier** de Monaco.

« Je suis retourné en 1899 aux régions arctiques pour y continuer mes recherches zoologiques et biologiques; mais j'ai voulu, en outre, commencer un travail hydrographique de précision qui s'impose au point de vue de la navigation, et dont les résultats serviront aux géologues de l'avenir pour connaître les mouvements du sol.

» Les membres de l'expédition étaient MM. le Dr Richard et Bruce pour la Zoologie, le Dr Portier pour la Physiologie, le Dr Chauveau pour la Bactériologie, et Smith artiste peintre. M. le lieutenant de vaisseau Guissez, de la Marine française, autorisé par son gouvernement, était chargé de l'Hydrographie, et le Dépôt des Cartes et Plans avait bien voulu prêter quelques-uns des instruments nécessaires.

» L'itinéraire que j'avais fixé m'a conduit directement dans le nord du Spitzberg, où j'ai passé une partie du mois de juillet et presque tout le mois d'août absorbé par l'étude de la baie Red, dont le contour exact ne figurait sur aucune carte, et d'un grand lac auquel j'ai donné le nom de *Richard* après l'avoir découvert dans le nord-est de la baie.

» La Zoologie n'a pas été, cette fois, au premier rang de mes préoccupations, pourtant le chalut, la drague, le trémail et la nasse ont été mis en œuvre plusieurs fois sur la côte de Norvège et dans quelques baies du Spitzberg jusqu'à la latitude 79°57'.

» Le filet Buchet a servi utilement, jusqu'à la vitesse de 10 nœuds, pour des pêches pélagiques.

» L'exploration des eaux douces a montré que le lac Richard est très pauvre en Crustacés, mais que le *Salmo alpinus,* son visiteur en été, y trouve pour se nourrir beaucoup de larves d'Insectes. Elle n'a rien fourni aux environs de la baie Treurenberg, par 79°57' de latitude.

» Des échantillons de la faune et de la flore terrestres ont été prélevés aux baies Recherche, Van Mijen, Advent, Magdalena, Smeerenburg, Red et Treurenberg.

» Les recherches physiologiques de M. Portier sur des *Phoca barbata* lui ont permis, dans trois cas sur quatre, de constater que le contenu de leur estomac était alcalin, ainsi que la muqueuse du même organe, tandis que le contenu de leur intestin était acide. Étudiant les ferments solubles

du pancréas et de l'intestin de ces animaux, M. Portier a reconnu la faiblesse de l'activité lipasique du sérum de leur sang, et conclu que la couche de graisse qui enveloppe ces Phoques ne sert que comme antidéperditeur de chaleur, et non comme réserve nutritive. Quelques autres questions sont encore à l'étude.

» Les recherches bactériologiques de M. Chauveau sur le contenu intestinal d'animaux variés, tels que Phoques, Renards, *Uria, Tringa, Larus, Lagopus, Fulmarus, Stercorarius, Rissa,* lui ont permis d'obtenir des cultures abondantes, contrairement aux résultats du D[r] Levin, de l'*Antarctic,* qui a trouvé chez la plupart des animaux arctiques le contenu des intestins absolument stérile.

» Les expériences de ces deux savants ont été faites avec toutes les garanties demandées, en employant l'étuve imaginée par le docteur Regnard, nommée *électrothermostat,* et qui avait reçu une suspension particulière pour le tangage et le roulis.

» Le levé de la baie Red et des terres environnantes a été fait en trois semaines, grâce au travail journalier incessant de 16 à 18 personnes conduites par M. Guissez, et à la coopération de MM. le capitaine Carr, Richard, Portier et Chauveau, exercés au maniement du théodolite. On a pu ainsi faire 2400 sondages et mesurer 4200 angles, une base de 2370^m, la déclinaison magnétique, l'amplitude de la marée et les coordonnées géographiques. Pour ces dernières, la longitude fut obtenue par 5 chronomètres et 1 compteur étudiés du 21 juin au 11 juillet, et donnant un maximum d'écart probable de $\pm 3''4$. Afin de réduire au minimum les erreurs du pointé au théodolite sur les embarcations, on a mesuré presque toujours directement l'altitude des points utiles; on les a aussi calculés : la vérification s'est montrée très concordante. Les repères n'ont pas donné des erreurs de plus de $\frac{1}{100}$; il en a été tenu compte.

» La latitude d'un cairn sur la pointe Bruce, déterminée par 4 observations, a été trouvée de $79°45'22'',5$, et la longitude de $9°55'12''$E. (Paris) par 13 observations.

» L'application de la photographie à la topographie a permis de lever le terrain avec autant de précision qu'avec le théodolite, comme la vérification en a été faite pour beaucoup de points. Il en est résulté une grande économie du temps dépensé sur place.

» M. Bruce a surtout employé ce moyen dans des explorations à l'intérieur des terres, dans des ascensions qui ont atteint près de 1000^m, permettant ainsi au travail hydrographique de M. Guissez de se relier à un

travail topographique qui comprend un grand nombre de sommets jusqu'à 20^{km} vers le sud.

» Le mouillage de la baie Red, ainsi déterminé, constitue l'abri le plus sûr que je connaisse au Spitzberg.

» Tout à la fin de la saison, j'ai fait mesurer au théodolite le front des glaciers des Renards et de l'Est, dans la baie de la Recherche, pour permettre une comparaison avec les positions que ce front occupait en 1838 et en 1892 et relevées à ces deux époques par la *Recherche* et par la *Manche*. Celui de l'Est a eu un recul moyen de 450^{m} de 1892 à 1899; celui des Renards montre un léger recul de sa moitié nord, pendant que la moitié sud a reculé d'environ 440^{m}; toujours de 1892 à 1899. »

NOMINATIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à la nomination de Commissions de prix chargées de juger les concours de 1900.

Le dépouillement des scrutins donne les résultats suivants :

Prix Damoiseau. — MM. Lœwy, Callandreau, Faye, Radau, Wolf.

Prix Valz. — MM. Faye, Lœwy, Janssen, Wolf, Callandreau.

Prix Janssen. — MM. Janssen, Lœwy, Faye, Callandreau, Wolf.

Prix Montyon (Statistique). — MM. Haton de la Goupillière, Brouardel, de Jonquières, Rouché, Laussedat, de Freycinet.

Prix Jecker. — MM. Troost, Gautier, Moissan, Grimaux, Ditte, Lemoine.

CORRESPONDANCE.

M. Zeuthen, élu Correspondant pour la Section de Géométrie, adresse ses remercîments à l'Académie.

M. A. Bienaymé, élu Correspondant pour la Section de Géographie et Navigation, adresse ses remercîments à l'Académie.

ASTRONOMIE. — *Étude sur la variation de la latitude à l'observatoire de Teramo (Italie).* Note de M. **Jean Boccardi**, présentée par M. O. Callandreau.

« Pendant un séjour à l'observatoire privé de Teramo (fondation Cerulli), je me suis occupé de la détermination de la latitude par la méthode de Horrebow-Talcott, avec une lunette zénithale de Troughton et Simms. Les dimensions en sont restreintes : 75^{mm} d'ouverture et 75^{cm} de distance focale; mais la construction en est très soignée. La stabilité est remarquable. Les constantes instrumentales ont été déterminées plusieurs fois par moi-même. Mes observations, du 28 juin 1899 au 23 novembre de la même année, ont porté sur vingt-trois couples d'étoiles, dont plusieurs ont été suivis pendant quatre mois, dans le but de constater une variation possible de la latitude. Pour multiplier le nombre des observations, j'ai observé chaque étoile d'un groupe plusieurs fois aux environs du méridien, en rapportant à celui-ci les distances zénithales observées. En moyenne, chaque étoile a été observée sept fois pendant sa culmination. Ayant fait trois cent soixante et une observations complètes des différents groupes, les résultats que je donne ci-après reposent sur plus de cinq mille bissections d'étoiles. Ayant été amené à observer des étoiles de grandeurs différentes, j'ai apporté un soin extrême à l'illumination du champ.

» Les étoiles que j'ai employées appartiennent toutes au Catalogue fondamental d'Auwers. En tenant compte des petites corrections qu'il a proposées dernièrement (*Astronomische Nachrichten*; 1898), j'ai déduit la latitude en formant la moyenne de toutes les observations des différents groupes, en les réunissant par mois. J'ai compté ainsi sur une compensation des petites erreurs, qui pourraient rester encore dans les déclinaisons des étoiles.

	Latitude.	Erreur probable.	Nombre de déterminations.
1899. Juillet..........	42°.39'.25",89	±0",051	43
Août...........	26,29	0,048	82
Septembre......	26,74	0,034	107
Octobre........	26,84	0,022	59
Novembre......	26,82	0,046	58

» Afin d'éviter toute cause d'erreur, j'ai combiné les groupes d'étoiles

pour lesquels la demi-différence des distances zénithales des deux composantes est presque égale et de signe contraire, ce qui fait disparaître toute erreur pouvant rester dans la valeur d'une division du micromètre. De même, les corrections dépendant du niveau, étant bien souvent égales et de signes contraires, cette autre cause d'erreur disparaît. Il ne reste que l'erreur d'observation, qui, pour *une seule observation*, est, en moyenne, ± 0″,30.

» Du Tableau précédent résulte évidemment une forte variation de la latitude, qui ne serait pas tout à fait proportionnelle au temps. Le *maximum* paraît avoir eu lieu à la fin d'octobre. Je regrette que les travaux d'agrandissement de l'observatoire, qui sont en cours, ne m'aient pas permis de continuer cette série d'observations.

» Cette variation de la latitude se déduit aussi de chaque groupe d'étoiles, en comparant entre elles les valeurs qu'il m'a données pour la latitude dans les différents mois. Il paraît que cette variation est un peu plus forte pour les groupes dont la distance zénithale est assez considérable. Je rapporte ici les variations correspondant à quatre groupes d'étoiles que j'ai suivis pendant très longtemps, en indiquant la distance zénithale moyenne des composantes du groupe.

		Distance zénithale moyenne.	Variation de la latitude.
I	β Lyrae, Ψ Cygni	9°27′	1″,00
II	α Cygni, γ Cygni	2.4	0,84
III	o Andr., κ Andr.	0.58	0,67
IV	20 Ceph., λ Pegasi	19.38	0,98

» Toujours est-il que la variation de la latitude est incontestable. Peut-être trouvera-t-on que la variation que j'ai trouvée est excessive; cependant je ferai remarquer qu'elle ne s'écarte pas beaucoup de celle qu'on a constatée à Berlin, à Potsdam, etc.; et que, d'ailleurs, la valeur 0″,3 ou 0″,4, qu'on assigne ordinairement à l'excursion, n'est qu'une moyenne. D'ailleurs, les spires de la polhodie tracée par Chandler et Helmert vont en s'élargissant depuis 1897. La valeur que j'ai obtenue pour la latitude en octobre est très voisine de celle qu'avait adoptée, en octobre 1893, M. Cerulli, en se servant de la même méthode, du même instrument et

des mêmes groupes d'étoiles : ce qui serait une confirmation de la période de 431 jours adoptée dernièrement par M. Chandler. Ainsi, M. Cerulli et moi nous aurions rencontré le *maximum* à la fin d'octobre, avec un intervalle de cinq périodes de Chandler ([1]). »

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une classe de transformations.* Note de M. J. Clairin, présentée par M. Darboux.

« M. Bäcklund a montré qu'un système (σ) de quatre équations entre les éléments du premier ordre $(xyzpq)$ $(x'y'z'p'q')$ de deux espaces (e) (e') fait correspondre entre elles les surfaces de deux familles (s), (s'), et que chacune de ces familles est, en général, définie par deux équations aux dérivées partielles du troisième ordre compatibles. Il n'en est plus de même si, à un élément $(xyzpq)$, le système (σ) fait correspondre ∞^1 éléments unis de l'espace (e') : la famille (s) est alors déterminée par une équation aux dérivées partielles du second ordre qui admet un système de caractéristiques du premier ordre. Inversement, étant donnée une équation du second ordre jouissant de cette propriété, il est possible de déterminer un système (σ) tel que la famille (s) correspondante soit définie par l'équation proposée. A une surface de (s) correspond une surface de (s') et une seule.

» En effet, le système (σ) étant ramené à la forme simple

$$(\sigma)\qquad \begin{cases} x' = f_1(x, y, z, p, q, r'), & y' = f_2(x, y, z, p, q, r'), \\ p' = \varphi_1(x, y, z, p, q, r'), & q' = \varphi_2(x, y, z, p, q, r'), \end{cases}$$

l'équation

$$dz' - p'\,dx' - q'\,dy' = 0,$$

qui exprime que les éléments $(x'y'z'p'q')$ engendrent une surface, se réduit, dans l'hypothèse indiquée, à

$$\mathrm{K}\,dx + \mathrm{L}\,dy = 0,$$

et n'est satisfaite que si l'on a isolément

$$(\mathrm{I})\qquad \mathrm{K} \equiv m + \mu r + \nu s = 0, \qquad \mathrm{L} \equiv n + \mu s + \nu t = 0,$$

([1]) Un Mémoire plus détaillé paraîtra prochainement dans le *Bulletin astronomique*.

m, n, μ, ν étant des fonctions de $x, y, z, p, q, r', r, s, t$ désignant les dérivées secondes. En éliminant r' il vient une équation du second ordre

$$F(x, y, z, p, q, r, s, t) = 0,$$

qui, si l'on regarde r, s, t comme des coordonnées cartésiennes, représente une surface réglée dont les génératrices appartiennent au complexe (C) des droites parallèles aux génératrices du cône $rt - s^2 = 0$, c'est-à-dire que l'équation $F = 0$ admet un système de caractéristiques du premier ordre.

» La réciproque se démontre aisément en remplaçant l'équation $F = 0$, par deux équations de la forme (I) et en identifiant avec les équations résultant d'un système (σ) : on est finalement ramené à intégrer une équation aux dérivées partielles du premier ordre.

» Un cas particulier intéressant est celui où f_1 et f_2 ne dépendent pas des cinq variables (x, y, z, p, q) mais seulement de trois fonctions g_1, g_2, g_3 de ces variables. Après une transformation de contact convenable effectuée dans l'espace (e') le système (σ) s'écrit

$$(\sigma') \quad \left\{ \begin{array}{ll} x' = g_1(x, y, z, p, q), & y' = g_2(x, y, z, p, q), \\ z' = g_3(x, y, z, p, q), & \Phi(x, y, z, p, q, p', q') = 0. \end{array} \right.$$

» Les droites qui engendrent la surface $F = 0$ rencontrent alors toutes une droite du complexe (C), et chaque fois qu'une équation aux dérivées partielles du second ordre satisfait à cette condition, il lui correspond un système (σ'); g_1, g_2, g_3 sont trois intégrales distinctes d'une équation de la forme

$$a\left(\frac{\partial g}{\partial x} + p\frac{\partial g}{\partial z}\right) + b\left(\frac{\partial g}{\partial y} + q\frac{\partial g}{\partial z}\right) + c\frac{\partial g}{\partial p} + d\frac{\partial g}{\partial q} = 0.$$

» Dans des cas étendus, l'intégration d'une équation aux dérivées partielles du second ordre qui admet un système de caractéristiques du premier ordre se ramènera ainsi, dès que l'on connaîtra un certain nombre d'intégrales d'une équation de premier ordre, à l'intégration d'une équation de Monge-Ampère : cela arrivera, en particulier, quand l'une des variables x, y ou z manquera dans l'équation proposée.

» Lorsque, en outre de la condition énoncée au commencement, le système (σ) fera correspondre à un élément $(x'y'z'p'q')$, ∞^1 éléments unis $(xyzpq)$, ce système définira deux équations aux dérivées partielles du second ordre dont les intégrales se correspondront uniformément. »

GÉOMÉTRIE. — *Sur la détermination de toutes les surfaces algébriques à double génération circulaire.* Note de M. **Eugène Cosserat**, présentée par M. Darboux.

« Les surfaces à double génération circulaire ont été signalées en 1889 à l'attention des géomètres par M. Kœnigs, dans une Note bien connue. Les transformées par inversion d'une surface doublement cerclée sont encore de telles surfaces que l'on peut, dans une première énumération, ne pas considérer comme distinctes de la première. Cette remarque, dont l'importance est déjà mise en évidence par la Note de M. Kœnigs, est trés utile, ainsi que je vais l'indiquer, dans la recherche de *toutes* les surfaces considérées.

» Supposons que l'on cherche à déterminer toutes les surfaces que l'on peut déduire d'une quadrique

$$f = 0$$

par une transformation

$$(1) \qquad \rho x'_i = f_i \qquad (i = 1, 2, 3, 4),$$

où les f_i sont, comme f, des formes quadratiques de quatre variables x_1, x_2, x_3, x_4, et telles que les transformées des génératrices de $f = 0$ soient des coniques rencontrant toutes en deux points une conique C′.

» Les procédés habituels aux géomètres synthétiques sont ici d'un grand secours et l'on est alors amené à classer les solutions de la question suivant les différents cas d'intersection de $f = 0$ et de la quadrique qui correspond au plan de C′. La remarque faite précédemment permet de démontrer que ces différents cas fournissent, soit des solutions générales dont dérivent toutes les autres par l'inversion quadrique, soit des solutions particulières jouissant de la même propriété, soit enfin des solutions particulières qui, par l'inversion quadrique, ne donnent qu'une classe de surfaces répondant à la question.

» Ces trois classes de solutions ayant évidemment chacune leur intérêt, il convient de les examiner séparément.

» A l'égard de la première classe, si on laisse de côté les surfaces du quatrième ordre à conique double et si l'on se reporte à la notion des séries composées de MM. Bertini et Segre, on voit facilement que tout revient à déterminer sur une biquadratique gauche générale de première

espèce C des séries linéaires g_3^1 et g_4^1 dont les doubles ([1]) sont respectivement des séries linéaires g_6^2 et g_8^2. Pour ces séries linéaires, j'ai trouvé les suivantes :

» 1° La série linéaire g_3^1 découpée sur C par un faisceau de plans passant par un point de la courbe;

» 2° La série linéaire g_4^1 découpée sur C par un faisceau de plans;

» 3° La série linéaire g_4^1 découpée sur C par un faisceau de quadriques coupant la courbe en quatre points fixes non situés dans un plan et tels qu'on puisse mener une quadrique tangente en ces quatre points à C.

» De l'existence de ces séries résultent les propositions suivantes :

» I. Par une droite rencontrant C en deux points, menons deux plans, l'un qui lui est tangent en un nouveau point A, l'autre qui la coupe en deux points P, Q ([2]); si par A on mène deux plans α, β, leurs six points d'intersection, différents de A, avec la courbe C, joints aux points P et Q, déterminent un réseau de quadriques; soit $f_1 = 0$ une quadrique de ce réseau ne faisant pas partie du faisceau déterminé par deux quadriques $f = 0, f_4 = 0$ passant par C; si $f_2 = 0, f_3 = 0$ sont deux quadriques déterminées comme $f = 0$ au moyen des mêmes points A, P, Q et de plans appartenant au même faisceau que α, β, la transformation définie par les formules (1) fera correspondre à la courbe C une conique C' et à une droite générale rencontrant C en deux points une conique rencontrant C' en deux points; à une surface d'ordre n passant par C correspondra en général une surface d'ordre ([3]) $4n - 2$ admettant C' pour ligne triple.

» II. Dans le réseau déterminé par les huit points d'intersection de C avec deux plans passant par une droite D, prenons une quadrique $f_1 = 0$ ne faisant pas partie du faisceau déterminé par deux quadriques $f = 0, f_4 = 0$ passant par C; si $f_2 = 0, f_3 = 0$ sont deux quadriques déterminées comme $f_1 = 0$ au moyen de la même droite D, la transformation définie par les formules (1) fera correspondre à la courbe C une conique C' et à une droite générale rencontrant C en deux points une conique rencontrant C'

([1]) Au sens primitif adopté en 1893 par M. Castelnuovo.

([2]) On n'écarte pas le cas où les deux plans sont confondus, P et Q venant en A, ni celui où P et Q sont simplement confondus; ce dernier conduit, par exemple, aux transformées homographiques des surfaces du sixième ordre que l'on déduit par inversion des surfaces de Steiner passant par le cercle de l'infini.

([3]) Cette évaluation de l'ordre et celles données plus loin sont toujours exactes pourvu que l'on considère dans certains cas la surface transformée comme provenant de la juxtaposition de surfaces identiques.

en deux points; à une surface d'ordre n passant par C correspondra en général une surface d'ordre $4n$ admettant C' pour ligne quadruple.

» III. Menons une quadrique tangente à C en quatre points non dans un même plan et par ces quatre points des quadriques faisant partie d'un même faisceau; deux telles quadriques coupent encore C en quatre points chacune; par les huit points obtenus on peut faire passer un réseau de quadriques duquel on détachera une quadrique $f_1 = 0$, comme précédemment; $f_2 = 0$ et $f_3 = 0$ étant deux quadriques analogues et $f = 0$, $f_4 = 0$ deux quadriques passant par C, la transformation définie par les formules ([1]) jouira des mêmes propriétés que celle considérée dans la proposition précédente.

» Il importe de remarquer que l'ordre *effectif* des surfaces transformées pourra être inférieur à celui qui est indiqué; ainsi, dans la transformation donnée par la deuxième des propositions précédentes, à une quadrique passant par C correspond un cône du second ordre qui devra être compté quatre fois pour que l'énoncé subsiste.

» Il me reste à énoncer les résultats relatifs aux deux dernières classes de solutions auxquelles j'ai fait allusion plus haut. »

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les equations algébriques anharmoniques.* Note de M. **Autonne**, présentée par M. C. Jordan.

« Soit h_n une équation algébrique de degré n

$$f(x) = x^n + x^{n-1}\mathcal{A}_1(t) + \ldots + \mathcal{A}_n(t) = 0$$

où les $\mathcal{A}(t)$ sont des fonctions quelconques de la variable t. Envisageons (au point de vue des théories de Galois et de M. Jordan) comme *rationnelles par définition:* 1° toutes les constantes; 2° les coefficients $\mathcal{A}$. Nommons alors G le groupe de h_n; G sera supposé transitif et h_n irréductible.

» Prenons maintenant une équation de Riccati U, entre u et t,

$$u' = \frac{du}{dt} = \mathcal{B}_0(t) + u\mathcal{B}_1(t) + u^2\mathcal{B}_2(t)$$

qui admette, par hypothèse, pour intégrales, les n racines

$$x_i (i = 0, 1, \ldots, n-1)$$

de h_n. Le rapport anharmonique de quatre x_i sera constant; h_n prendra le nom d'équation *anharmonique*.

» Dans ma Note *Sur les intégrales algébriques de l'équation de Riccati* (*Comptes rendus* du 13 février 1899) j'ai déjà indiqué plusieurs propriétés des anharmoniques. Notamment le polynome $f(x)$ est *équivalent* (au sens de ce mot dans la théorie des formes) à un *polynome réduit* $H(\eta)$ de même degré et à coefficients constants. Les invariants absolus de $f(x)$ sont constants.

» Dans la présente Communication, j'achève la construction effective de toutes les anharmoniques.

» On n'envisagera pas comme distinctes les équations qui ne diffèrent que par le changement de x en

$$\frac{x\,A(t)+B(t)}{x\,C(t)+D(t)} \qquad AD-BC \neq 0,$$

A, B, C, D *rationnels*. L'anharmonique h_n reste évidemment telle après la transformation.

» Nommons S un groupe (groupe de MM. Jordan, Klein, Gordan) d'ordre fini N, formé de N substitutions linéaires fractionnaires

$$\mathfrak{L} = \left| z \ldots, \quad \frac{az+b}{cz+d} \right| \qquad ad-bc \neq 0.$$

» S appartient à l'un des cinq types bien connus :

» I. Circulaire (*Kreistheilungsgruppe* de M. Klein);

» II. Pyramidal (*Doppelpyramidengruppe* de M. Klein);

» III. Tétraédrique, $N=12$;

» IV. Octaédrique, $N=24$;

» V. Icosaédrique, $N=60$.

» Chaque type possède un *invariant absolu* (*Zugehörige Function* de M. Klein) $\Psi(z)=\psi(z):\varphi(z)$, où ψ et φ sont des polynomes, dont l'un au moins a le degré N. $\Psi(z)$ est invariant absolu vis-à-vis de toute substitution $\mathfrak{L}$ de S, effectuée sur z; tout invariant absolu rationnel autre est rationnellement exprimable en Ψ. On trouvera dans les *Mathematische Annalen* (t. XII, p. 168) la liste dressée par M. Klein des cinq Ψ.

» Voici les deux propriétés essentielles des équations algébriques anharmoniques irréductibles h_n.

» Théorème I. — *Le groupe* G *de* h_n *est isomorphe sans hémiédrie à l'un des* S.

» Théorème II. — *Toute* h_n *est de la forme* $F(x, T) = 0$, *où le polynome à deux arguments* F *est à coefficients* numériques *qui ne dépendent que de* S. T *est* rationnel. *La relation algébrique entre* x *et* $T(t)$ *est du genre zéro*.

» Ainsi il n'intervient dans h_n qu'*une seule* fonction $T(t)$ de t.

» Nommons : 1° G_0 le sous-groupe de G formé des substitutions qui laissent x_0 fixe; 2° S_0 le sous-groupe correspondant de S. G_0 *et* S_0 *sont constitués par les p puissances d'une substitution unique* ($\mathfrak{R}$ pour G_0; R pour S_0). $N = np$.

» Toutes les anharmoniques s'obtiendront par le procédé qui va être exposé.

» Après avoir choisi le groupe S et, dans ce groupe, la substitution R, on posera l'équation W, de degré N, savoir

$$\Psi(\zeta) = T(t), \qquad \text{aux N racines } \zeta_j \qquad (j + 0, 1, \ldots, N - 1),$$

où $T(t)$ est quelconque. On prendra ensuite un des deux nombres η_0 qui ne changent pas de valeur par l'effet de la substitution R. *Le polynome, de degré* $N = np$ en η,

$$\varphi(\eta_0)\psi(\eta) - \psi(\eta_0)\varphi(\eta)$$

sera la puissance $p^{ième}$ *exacte du polynome réduit* $H(\eta)$, lequel se trouvera ainsi construit. Nommons H' et Ψ' les dérivées de H et de Ψ, et η_i ($i = 0, 1, \ldots, n - 1$) les n racines du polynome réduit, toutes distinctes. Introduisons l'expression

$$\mathfrak{F}(X, Y) = \frac{1}{\Psi'(X)}\left[\frac{1}{X - Y} - \frac{H'(X)}{nH(X)}\right].$$

» Si ζ est une racine de W et η une racine de $H = 0$, *l'expression* $\mathfrak{F}(\zeta, \eta)$ *est un invariant absolu vis-à-vis de toute substitution* $\mathfrak{L}$ *de* S, *effectuée* simultanément *sur* ζ *et* η. Les nN expressions

$$\mathfrak{F}(\zeta_j, \eta_i)$$

se réduisent à n distinctes, qui sont précisément égales aux n racines de h_n.

» *On pourra écrire* $x_i = \mathfrak{F}(\zeta, \eta_i)$, ζ étant une racine quelconque de W; le choix de cette racine n'influe que sur le numérotage des x_i et des η_i. Les irrationnelles x_i sont mises sous une forme telle que la constance du rapport anharmonique formé avec quatre x_i devient évidente.

» Éliminons ζ entre les deux équations $\Psi(\zeta) = T$ et $x = \mathfrak{F}(\zeta, \eta_0)$, η_0 étant une racine quelconque du polynome réduit. *Le résultant, qui est en* x *du degré* $N = np$, *sera la puissance* $p^{ième}$ *exacte du polynome* $F(x, T)$,

envisagé au théorème II. h_n se trouvera construite. Le choix de η_0 parmi les η_i n'a aucune influence sur le résultat. »

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les groupes des isomorphismes.* Note de M. **G.-A. Miller**, présentée par M. Jordan.

« Dans une Note antérieure ([1]), j'ai donné quelques résultats sur les groupes des isomorphismes cogrédients. La présente Note sera consacrée principalement aux groupes des isomorphismes ([2]). Si un groupe G d'ordre g est abélien, on peut établir un isomorphisme holoédrique de G à lui-même en faisant chaque opération de G correspondre à sa puissance α (α étant un nombre quelconque premier à g). De là suit que le groupe d'isomorphismes de tout groupe abélien contenant des opérations dont l'ordre excède 2 doit contenir des opérations invariantes. Lorsque le groupe d'isomorphismes de G est abélien, G est circulaire.

» Comme le groupe d'isomorphismes cogrédients d'un groupe non abélien ne peut être circulaire, il s'ensuit que son groupe d'isomorphismes ne saurait être circulaire. De ce fait et du paragraphe précédent, l'on déduit que la condition nécessaire et suffisante pour qu'un groupe circulaire d'ordre n soit le groupe d'isomorphismes d'un groupe, c'est que n soit de la forme $p^\alpha(p-1)$, p étant un nombre impair premier. En particulier, il n'y a pas de groupe qui ait un groupe circulaire d'ordre impair pour son groupe d'isomorphismes. Lorsque l'ordre d'un groupe abélien est divisible par un nombre impair premier (p), son groupe d'isomorphismes contient une opération d'ordre $p-1$.

» Il n'y a que deux groupes dont le groupe d'isomorphismes soit un groupe symétrique d'ordre 6, et il n'y a que cinq groupes dont le groupe d'isomorphismes soit le groupe symétrique d'ordre 24. Lorsqu'un groupe possède le groupe symétrique d'ordre 6 pour son groupe d'isomorphismes cogrédients et qu'il n'est pas le produit direct de deux sous-groupes, son ordre est 3.2^α et il renferme trois sous-groupes circulaires d'ordre 2^α et seulement un seul sous-groupe d'ordre 3. Pour chaque valeur de $\alpha > 0$, il n'y a qu'un seul groupe de cette nature. Tout autre groupe qui a le groupe

---

([1]) *Comptes rendus*, t. CXXVIII, p. 229 et 628. Voir aussi Fite, *Bulletin of the American mathematical Society*, t. VI, p. 11; 1899.

([2]) Voir aussi Burnside, *Theory of groups of a finite order*, p. 221; 1897.

symétrique d'ordre 6 pour son groupe d'isomorphismes cogrédients est le produit direct d'un groupe abélien et d'un des groupes donnés d'ordre 3.2^α.

» Le théorème suivant s'est trouvé fort utile pour aboutir aux résultats énoncés ci-dessus :

» Théorème. — *Lorsque le groupe d'isomorphismes cogrédients* (H_1) *d'un groupe* H *transforme une de ses opérations* A, *d'un ordre* p^α *(p étant un nombre premier quelconque), en* A^k, *et lorsque k n'est pas* $\equiv 1$ *suivant le module p, alors au moins une opération d'ordre* p^α *correspond à* A *dans l'isomorphisme entre* H *et* H_1. *Si* $k \equiv 1 \bmod p^\gamma$, *mais non* $\equiv 1 \bmod p^{\gamma+1}$, *au moins une opération d'ordre* $p^{\alpha+\gamma'} (\gamma' \leqq \gamma)$ *correspond à* A *dans l'isomorphisme donné entre* H *et* H_1. »

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur les masses vectorielles de discontinuité.* Note de M. **André Broca**, présentée par M. A. Cornu.

« Dans les *Comptes rendus* du 11 décembre 1899, j'ai donné une démonstration du théorème suivant : *Même dans le cas où un champ de vecteur ne dérive pas d'un potentiel, la seule composante du vecteur qui puisse être discontinue sur une surface donnée est la composante normale à cette surface quand le champ est dû à une même cause.*

» Une objection m'ayant été faite au sujet de cette démonstration, je demande à l'Académie la permission d'ajouter aujourd'hui des détails que je n'ai pu donner alors, faute de place.

» Le théorème de Stokes nous apprend que, à condition de se limiter à un volume infiniment petit, on peut considérer que tout champ de vecteur continu dérive d'un potentiel. Les raisonnements habituels montrent que, dans ce cas, les surfaces équipotentielles doivent être normales au vecteur. Soit $F(x, y, z, \alpha) = 0$, où α est un paramètre convenable, l'équation des surfaces trajectoires normales du vecteur que nous supposons exister, nous aurons

$$F'_x dx + F'_y dy + F'_z dz + F'_\alpha d\alpha = 0.$$

D'ailleurs, autour du point xyz, nous aurons $X dx + Y dy + Z dz = dA$, X, Y, Z étant les composantes de la force en ce point et dA étant la valeur du travail élémentaire autour du point xyz. dA s'annule en même temps que $d\alpha$. Donc, on peut poser $dA = -A d\alpha$, et nous avons alors les deux

équations vérifiées pour toutes valeurs de $dx\,dy\,dz$

$$(1)\qquad F'_x dx + F'_y dy + F'_z dz + F'_\alpha d\alpha = 0,$$

$$(2)\qquad X dx + Y dy + Z dz + A d\alpha = 0,$$

ce qui exige

$$(3)\qquad \frac{X}{F'_x} = \frac{Y}{F'_y} = \frac{Z}{F'_z} = \frac{A}{F'_\alpha} = \varphi.$$

» Donc, dans le cas où un champ ne dérive pas d'un potentiel, on peut déduire le vecteur de la fonction qui représente la famille de ses trajectoires orthogonales par des dérivations partielles où l'on considère le paramètre α comme constant. D'ailleurs, si l'on veut connaître le travail effectué suivant une courbe c, on voit que ce travail, d'après (1), (2) et (3), sera

$$\int_c X dx + Y dy + Z dz = -\int_c \varphi F'_\alpha d\alpha,$$

F'_α est fonction de x, y, z et α, mais a en tout point une valeur bien déterminée. Je propose d'appeler la fonction $-\varphi F'_\alpha$ le *potentiel élémentaire du champ*.

» Supposons maintenant que le champ de vecteur ait une surface de discontinuité, mais que ce soit de part d'autre un même champ dû à une même cause, c'est-à-dire d'abord que les deux familles de trajectoires normales du vecteur situées de part et d'autre de la surface de discontinuité coupent celle-ci suivant la même famille de courbes. Dans ce cas soient

$$(1)\qquad F_1(x.y, z, \alpha) = 0,$$

$$(2)\qquad F_2(x, y, z, \alpha) = 0,$$

les équations de deux familles de surfaces. Nous allons exprimer que les plans tangents à (1) et (2) en un même point commun coupent le plan tangent à la surface de discontinuité suivant la même droite. Prenons ce dernier plan comme plan des xy et le point considéré comme origine. Pour les deux surfaces $\alpha =$ const, et les plans tangents sont :

$$F'_{1x} x + F'_{1y} y + F'_{1z} z = 0, \qquad F'_{2x} x + F'_{2y} y + F'_{2z} z = 0.$$

Ils coupent le plan des xy suivant les droites

$$(3)\qquad x F'_{1x} + y F'_{1y} = 0, \qquad x F'_{2x} + y'_{2y} = 0,$$

pour que ces droites soient confondues il faut que $\frac{F'_{1x}}{F'_{2x}} = \frac{F'_{1y}}{F'_{2y}}$.

» Dans ces conditions, nous pouvons aussi exprimer que pour le point infiniment voisin de l'origine la droite d'intersection des plans tangents est parallèle à la première. Alors on a :

$$F'_{1x}\,dx + F'_{1y}\,dy + F'_{1z}\,dz + F'_{1\alpha}\,d\alpha = 0.$$
$$F'_{2x}\,dx + F'_{2y}\,dy + F'_{2z}\,dz + F'_{2\alpha}\,d\alpha = 0.$$

» Faisons dans cette équation $dz = 0$,

$$F'_{1x}\,dx + F'_{1y}\,dy + F'_{1\alpha}\,d\alpha = 0,$$
$$F'_{2x}\,dx + F'_{2y}\,dy + F'_{2\alpha}\,d\alpha = 0,$$

qui n'est compatible avec les équations (3) que si

$$(4) \qquad \frac{F'_{1x}}{F'_{2x}} = \frac{F'_{1y}}{F'_{2y}} = \frac{F_{1\alpha}}{F'_{2\alpha}}.$$

» Nous avons donc, en appelant X_1, Y_1, Z_1, X_2, Y_2, Z_2 les composantes de la force, et en tenant compte des équations (3),

$$\frac{X_1}{X_2} = \frac{Y_1}{Y_2} = \frac{\varphi_1 F'_{1\alpha}}{\varphi_2 F'_{2\alpha}} \qquad \text{car} \qquad \frac{\varphi_1 F'_{1x}}{\varphi_2 F'_{2x}} = \frac{\varphi_1 F'_{1y}}{\varphi_2 F'_{2y}}.$$

d'après (4).

» Dans le cas d'un potentiel on a

$$\varphi F'_\alpha = A,$$

A étant une constante, en tout point du champ, et l'on considère un même champ comme dérivant d'un même potentiel de part et d'autre d'une surface de discontinuité quand $A_1 = A_2$. Pour étendre cette conception aux champs sans potentiel, nous devons prendre $\varphi_1 F'_{1\alpha} = \varphi_2 F'_{2\alpha}$ ou, ce qui est la même chose, $X_1 = X_2$ et $Y_1 = Y_2$ le plan de xy étant tangent à la surface de discontinuité.

» En somme, une simple discontinuité du vecteur sur une surface ne suffit pas pour donner une discontinuité tangentielle, il faut encore une discontinuité du potentiel élémentaire, qui est un scalaire, et c'est dans ce cas seulement qu'il peut y avoir des masses vectorielles de discontinuité.

» Dans le cas des tourbillons on sait que quand cette dernière condition est réalisée les deux systèmes de part et d'autre de la surface sont tout à fait indépendants. »

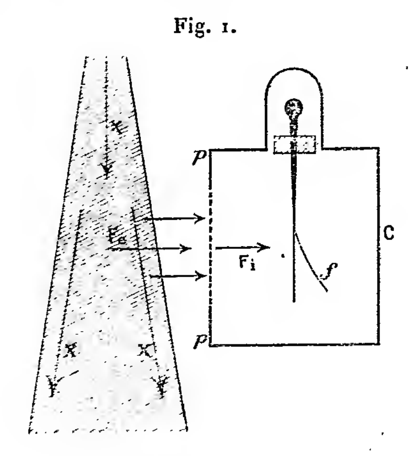
ÉLECTRICITÉ. — *Rayons X et décharge : Généralisation de la notion de rayons cathodiques.* Note de M. G. SAGNAC.

M. G. SAGNAC demande l'ouverture d'un pli cacheté qui a été déposé par lui le 18 juillet 1898, et inscrit sous le n° 6032. Ce pli, ouvert en séance par M. le Président, contient la Note suivante :

« I. J'ai toujours observé que les rayons X ou les rayons secondaires dissipent avec la même vitesse l'électrisation positive ou l'électrisation négative d'un métal, si ce métal reçoit les rayons à travers des orifices percés dans une enveloppe métallique C qui est soigneusement reliée au sol et qui ne laisse pas sortir de lignes de forces issues du métal électrisé, *sous la condition expresse qu'aucun champ électrique ne règne à l'extérieur de la cage* C *sur le trajet des rayons*. Mais une notable inégalité entre les vitesses de dissipation des deux électricités apparaît si la cage métallique C est électrisée, ou si un corps électrisé est placé à l'extérieur de la cage C :

» Un faisceau de rayons X (*fig.* 1) passe, dans l'air, près d'une fine toile

Fig. 1.



métallique, ou d'un écran percé d'orifices, qui ferme électriquement en *pp* le champ intérieur F_i d'un électroscope. Il y a toujours une légère action de décharge α de la feuille d'or f en l'absence de tout champ extérieur. Quand il existe un champ extérieur F_e, on vérifie dans tous les cas la loi suivante :

» Si le champ extérieur F_e et le champ intérieur F_i sont de même sens, à l'action de décharge primitive α, mesurée par l'inverse du temps de dé-

charge quand F_e est nul, s'ajoute une action *accélératrice* A souvent très supérieure à α.

» Si F_e et F_i sont de sens contraires, la présence du champ F_e entraîne une action supplémentaire *a retardatrice* $\left(\right.$qui s'est toujours montrée inférieure à α et généralement voisine de $\left.\frac{\alpha}{2}\right)$.

» Voici quelques exemples :

» 1. Cage électrisée négativement (en communication permanente avec une bouteille de Leyde) et fermée par une fine toile métallique *pp*; feuille d'or *f* négative, chute de *f* de 90^{mm} à 100^{mm} de l'échelle placée derrière en 18 secondes; feuille *f* positive, chute de *f* de 90^{mm} à $92^{mm},5$ seulement en 75 secondes.

» 2. Même dispositif; mais la toile *pp* est remplacée par une plaque de plomb percée de plusieurs orifices circulaires de 1^{cm} de diamètre. Cage au sol et pas de champ extérieur, *f* positive ou négative tombe de 96^{mm} à $98^{mm},5$ en 25 secondes. Cage électrisée négativement; *f* négative tombe de 90^{mm} à 100^{mm} en 13 secondes; *f* positive tombe de $90^{mm},5$ à 93^{mm} seulement en 75 secondes.

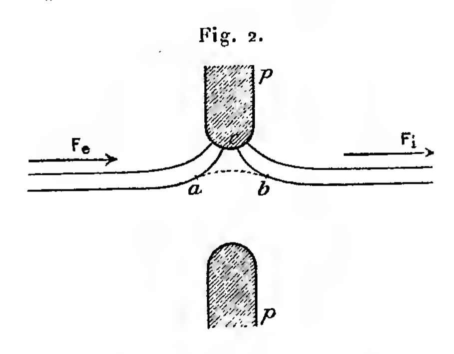
» 3. Même dispositif qu'en 2; mais on maintient la cage C au sol et on électrise une lame L d'aluminium placée devant la cage dans le faisceau de rayons X. Si L est au sol, comme C, *f* positive ou négative tombe de 90^{mm} à 95^{mm} en 66 secondes. Si L est négative, *f* tombe de la même quantité en 18 secondes seulement si son électrisation est positive et en 175 secondes si son électrisation est négative.

» L'action retardatrice *a* qui s'observe si bien quand l'électroscope est fermé par la plaque percée d'ouvertures (expériences 2 et 3), ne s'observe plus sensiblement quand il est fermé par la fine toile métallique; l'action accélératrice A subsiste alors seule (expérience 1); elle subsiste sans s'affaiblir beaucoup quand on place la plaque percée d'orifices à 3^{mm} devant ou derrière la toile métallique; elle disparaît à son tour si au lieu de la plaque on place devant la toile une seconde toile métallique; elle disparaît aussi, et les deux électricités fuient avec la même vitesse, si l'entrée de l'électroscope est fermée par une feuille métallique, même mince, telle qu'une feuille d'aluminium battu de $\frac{1}{300}$ de millimètre d'épaisseur, pourvu que cette feuille soit dépourvue de déchirures et de trous.

» II. Les phénomènes précédents se présentent dès qu'il existe à l'extérieur de la cage C un champ électrique F_e encore bien inférieur au champ F_i qui règne dans la cage C. En aucun cas, même quand F_e est très énergique, la feuille d'or électrisée *f* ne se déplace quand on excite le champ extérieur F_e. Il ne me paraît pas possible d'expliquer les phénomènes signalés en admettant qu'une petite partie des lignes de forces du champ F_i viennent, lorsqu'on excite F_e, se raccorder directement avec des lignes de forces du champ F_e. Je pense que les charges électriques libérées par les rayons dans l'air soumis au champ électrique extérieur F_e

suivent *à peu près* les lignes de forces de ce champ avec une certaine *vitesse*. Mais quand la ligne de force du champ F_e se recourbe *rapidement* (*fig.* 2) pour aboutir à un bord c d'une ouverture de la paroi pp de l'électroscope, on comprend que si la charge électrique acquiert une force centrifuge suffisante, elle puisse quitter la ligne de force du champ F_e et bondir sui-

Fig. 2.



vant un certain chemin ab jusqu'à une ligne de force du champ F_i. Si F_i est de même sens que F_e, les charges ainsi projetées dans le champ intérieur y forment un flux électrique qui accroît le flux de décharge normal parce qu'il est de *même sens;* d'où une augmentation de la rapidité de décharge de la feuille d'or. Dans le cas contraire, les flux sont *opposés* et il y a *retard;* mais dans ce cas le flux supplémentaire dû à la projection électrique du champ F_e est rapidement ramené vers p par le champ F_i, avant même d'avoir pu prendre une direction voisine de celle du flux normal; on comprend alors que l'action retardatrice a n'apparaisse nettement que si les ouvertures de la cage C sont assez larges pour que les charges issues de l'extérieur pénètrent assez avant dans l'intérieur de la cage C.

» III. Ainsi les phénomènes que j'ai signalés paraissent dus à un flux de charges électriques qui, animées de certaines vitesses, refusent de recourber brusquement leur trajectoire suivant les lignes de forces qui aboutissent aux bords des ouvertures de la cage de l'électroscope; elles pénètrent ainsi comme un *bombardement* dans l'intérieur de la cage.

» On peut se proposer de dévier ce bombardement par l'*action de l'aimant* et, en opérant dans des *gaz raréfiés*, lui faire atteindre des vitesses de plus en plus grandes, surtout si le champ extérieur est produit par de très grandes différences de potentiel. Sans doute le bombardement traversera-t-il alors une mince feuille d'aluminium et deviendra-t-il progressivement comparable aux *rayons cathodiques*. Déjà l'on peut remarquer que, d'après des expériences dues à M. Child (voir ma Note des *Comptes rendus* du

4 juillet 1898), les rayons X qui passent entre les deux armatures d'un condensateur chargé localisent la chute de potentiel au voisinage des armatures et un peu plus auprès de l'armature négative qu'auprès de l'armature positive. Je pense que la pression des gaz diminuant, la chute de potentiel se localiserait de plus en plus auprès de l'armature négative, grâce à une augmentation de plus en plus grande de la vitesse du flux d'électricité négative par rapport au flux d'électricité positive; le flux négatif formerait alors les rayons cathodiques que nous connaissons. On aurait ainsi *toute une gamme de flux anodiques et cathodiques,* depuis le bombardement relativement très lent que j'ai étudié dans l'air atmosphérique jusqu'aux rayons cathodiques produits dans le vide de Crookes (1). »

ÉLECTRICITÉ. — *Contribution à l'étude des stratifications.* Note de M. **H. Pellat**, présentée par M. Lippmann.

« Comme hypothèse sur la nature des stratifications qui se produisent dans les tubes de Geissler, rien n'est plus séduisant que d'admettre qu'elles sont dues aux interférences d'ondes électriques directes et réfléchies : il semble qu'on voit des nœuds et des ventres. Bien plus, le calcul de la propagation d'une onde électrique dans un tube montre que si, par une cause quelconque, il y a réflexion et superposition de l'onde directe et de l'onde réfléchie, il doit se produire des nœuds et des ventres de vibrations électriques. Malheureusement les expériences que je vais décrire ne sont pas en faveur de cette hypothèse, qui me paraît devoir être complètement abandonnée.

» J'ai pensé qu'on pourrait séparer l'onde électrique directe de l'onde réfléchie, si elle existe, en plaçant le tube de Geissler dans un champ magnétique suffisamment intense, les courants constitués par ces deux ondes étant de sens inverse et devant être déviés en sens contraire par le champ magnétique. Les expériences ont été faites en plaçant les tubes de Geissler

---

(1) Travail fait au laboratoire de M. Bouty à la Sorbonne.

Depuis que j'ai déposé cette Note, on a démontré que les *ions* libérés dans l'air par les rayons X s'y propagent avec des vitesses de l'ordre d'un centimètre par seconde; les rayons cathodiques paraissent, au contraire, se propager avec des vitesses comparables à 100000 kilomètres par seconde (J.-J. Thomson).

Il convient aussi de rappeler les observations récentes de M. Villard sur la décharge *indirecte* par les flammes (*Comptes rendus* du 15 janvier 1900, p. 135 de ce Volume).

entre les pôles d'un fort électro-aimant Weiss (modification de l'électro-aimant de Faraday), perpendiculairement aux lignes de forces. Voici les phénomènes observés.

» I. Un tube de $0^m,85$ environ de longueur, de $0^m,01$ de diamètre intérieur, contenant de l'air et pourvu d'électrodes intérieures a été laissé en communication avec une pompe à mercure. Pour toutes les pressions étudiées, comprises entre $10^{mm},5$ et $0^{mm},1$ de mercure, il n'y a eu qu'un seul faisceau dévié, qui dans la partie intense du champ se réduisait à un filet très brillant d'environ 1^{mm} de diamètre, appliqué contre la paroi du tube; la déviation de ce filet changeait de sens, bien entendu, avec la direction du courant inducteur dans la bobine et avec la direction du champ magnétique.

» Ainsi, dans les conditions de ces expériences *il n'y a ni onde électrique réfléchie, ni oscillations électriques.*

» Malgré cela, de très belles stratifications se produisaient dans le tube surtout pour les pressions comprises entre 1^{mm} et $0^{mm},1$ de mercure. Les stratifications étaient, du reste, beaucoup plus fixes et plus nettes, quand on produisait le champ magnétique.

» II. J'ai étudié aussi un tube ayant à peu près les dimensions du précédent, mais fermé aux deux bouts et contenant de la vapeur d'alcool raréfiée; il était dépourvu d'électrodes intérieures; deux cylindres de clinquant enveloppant les extrémités communiquaient avec les pôles de la bobine (électrodes extérieures).

» Ce système constitue deux condensateurs en cascade; à chaque interruption du trembleur, et à des intervalles très rapprochés, il y a dans l'intérieur du tube un courant électrique dans un sens (charge des condensateurs) et un courant électrique en sens inverse (décharge). Les deux courants illuminent le tube.

» Dans le champ magnétique, ces deux courants sont déviés en sens inverse et séparés dans la plus grande partie du tube. Dans la région intense du champ, ils se réduisent à deux filets lumineux contre les parois opposées du tube dans un plan perpendiculaire au champ magnétique. En les regardant dans un miroir tournant, on les voit plus écartés ou plus rapprochés, suivant le sens de la rotation, ce qui indique qu'ils ne sont pas simultanés. De magnifiques stratifications se voient dans toutes les parties de chacun de ces faisceaux ainsi séparés et jusque dans les filets lumineux du champ intense.

» Encore ici, il est impossible d'expliquer ces stratifications par la superposition d'une onde directe et d'une onde réfléchie.

» III. L'intensité du champ magnétique étant variable le long du tube, la section de la colonne de gaz traversée par la décharge est variable aussi; large dans les régions où le champ est peu intense, elle est très étroite dans les régions où le champ est le plus intense.

» Or, on constate que les stratifications sont d'autant plus resserrées que la section de la colonne est plus faible; il faut se servir d'une loupe pour les voir dans la partie qui est située entre les pôles de l'électro-aimant.

» Ce fait est d'accord avec ce qu'on sait sur les stratifications en dehors du champ magnétique, qui sont d'autant plus resserrées que le tube est plus étroit pour la même pression; mais il s'accorde mal avec l'idée d'attribuer les stratifications à un phénomène d'interférence. »

PHYSIQUE. — *Sur la cristallisation métallique par transport électrique de certains métaux dans l'eau distillée.* Note de M. **Thomas Tommasina**, présentée par M. A. Cornu.

« La formation des chaînes de dépôts électrolytiques, que j'ai signalée l'année passée [1], était la constatation du transport électrique du cuivre d'une électrode à l'autre, dans l'eau distillée. C'est en reprenant ce sujet, pour l'étudier en variant les métaux et les liquides, que je viens d'observer le caractère nettement cristallisé de quelques-uns de ces dépôts.

» Le dispositif que j'ai adopté est très simple. Les électrodes sont deux lames du métal dont on veut obtenir le dépôt. La cathode est une lame mince, pliée deux fois à angle droit en sens opposé, qu'on introduit en partie dans un récipient en verre contenant de l'eau distillée. L'anode peut être un fil ou une lame mince ayant une extrémité taillée en pointe, qu'on suspend par l'autre bout à un support à crémaillère permettant de la descendre dans l'eau jusqu'au contact avec la lame cathodique et de la monter ensuite sans secousses. Les parois du récipient en verre sont parallèles pour faciliter l'observation à la loupe des dépôts pendant leur formation. Les deux électrodes sont reliées aux bornes d'un commutateur pour changer la direction du courant rapidement et sans secousses. Une batterie de trois accumulateurs en tension est suffisante, mais il faut intercaler une résistance assez forte pour réduire l'intensité à moins de 1 milliampère. Afin d'éviter toute trace d'oxyde ou d'acide sur les lames, je les ai toujours polies à la lime et au couteau, et lavées ensuite dans l'eau distillée. Lorsqu'elles sont parfaitement propres, le dépôt se produit immédiatement après le contact, et toujours en forme d'arborescences.

» C'est avec des électrodes en zinc qu'on obtient le mieux dans l'eau distillée un

---

(1) *Comptes rendus* du 1er mai 1899.

dépôt cristallisé très distinct et visible même à l'œil nu. Dans le microscope on voit nettement les faces triangulaires ou rhomboïdales des cristaux métalliques de zinc, ayant un éclat très vif, semblable à celui des surfaces d'argent bien polies. Le plus grand nombre des cristaux ont une forme lamellaire et sont disposés en écailles ou en feuilles de fougères, en aiguilles, en prismes très allongés, ou en lamelles rectangulaires attachées par une base au même point et s'élargissant en éventail.

» Le phénomène est des plus surprenants, on voit naître et grandir rapidement dans un verre d'eau distillée limpide et transparente un vrai bijou merveilleux.

» Pendant que le transport métallique se fait il n'y a aucun dégagement gazeux visible, mais après un certain temps les lames s'oxydent et le dépôt n'augmente plus, et alors apparaît un développement de bulles gazeuses partant de la cathode. Ayant sorti de l'eau la lame anodique, puis remise de nouveau après l'avoir polie, le dépôt a recommencé à se faire, et tout dégagement gazeux cessa immédiatement.

» Avec une lame de cuivre suspendue comme cathode et une de zinc horizontale comme anode, il se produit des arborescences de cristaux de zinc qui descendent de l'extrémité du cuivre à laquelle elles adhèrent. Changeant la direction du courant, un dépôt noir se forme sur celui de zinc et ensuite un autre d'un rouge très vif qui se ramifie au sommet. Ce dernier vu dans le microscope semble une agglomération de petits cristaux, tandis que l'autre apparaît d'un noir de velours très compact et sans éclat métallique.

» L'argent donne aussi immédiatement des arborescences de cristaux, ayant moins d'éclat que ceux de zinc. Le cadmium les produit moins bien, avec peu d'éclat métallique et de la couleur gris foncé du plomb.

» Lorsqu'on a laissé une distance trop grande entre les électrodes, pendant quelque temps, l'on voit très souvent se former comme un flux de corpuscules, une espèce de brouillard en forme de colonne entre les électrodes.

» Avec le zinc et l'argent j'ai pu observer au microscope dans l'intérieur de ce brouillard de très petits cristaux métalliques, pas déchiffrables à cause de leur extrême mobilité, et j'ai constaté que les arborescences lorsqu'il y a ce brouillard se forment dans son intérieur beaucoup plus rapidement.

» Dans l'huile de vaseline, ayant comme électrodes un disque de cuivre et un gros fil suspendu du même métal je n'ai pu former qu'un filament de brouillard brun rougeâtre, reliant le centre du disque avec l'extrémité du fil, mais aucune arborescence, ce qui m'a permis de faire l'observation suivante : à peine produite, la très mince colonne de brouillard était parfaitement verticale, mais bientôt je la vis se courber, formant un arc, dont la courbure continuait à augmenter jusqu'à ce qu'elle vînt se coller contre la paroi du vase.

» En changeant de place le fil reliant le disque à la batterie, j'ai constaté que la courbe était dans le plan passant entre ce fil et le gros fil suspendu ; et que la convexité se produisait toujours du côté opposé à celui qui était occupé par le fil relié au disque. Renversant le courant, le phénomène ne se modifiait en rien. Il est donc évident que dans l'intérieur de la colonne de brouillard existent des chaînes de petits cristaux métalliques polarisés formant un conducteur assez flexible pour servir d'indicateur de la loi d'Ampère, par son déplacement du côté opposé à celui où se trouvait un conducteur rigide parcouru par le même courant, mais toujours en sens opposé du sien. Une

autre expérience m'a permis de constater d'une manière différente la formation de ces chaînes suivant les lignes de force du champ électrique, *démontrant que ces lignes subissent elles-mêmes la loi d'Ampère.* Ayant substitué l'eau distillée à l'huile de vaseline, et attaché à l'extrémité du fil de cuivre suspendu une sphère en argent constituant l'anode, en conservant le disque comme cathode, un dépôt arborescent de cristaux d'argent se forma entre le pendule et le disque. Ensuite, ayant laissé continuer l'action pendant un certain temps, j'ai vu qu'il s'était formé un dépôt très noir sur la surface horizontale du disque, tout d'un côté, et en forme triangulaire très allongée, ayant son sommet sur la verticale rejoignant la sphère au disque, et allant s'élargissant dans la direction opposée à celle où se trouvait le fil reliant le disque à la batterie. Un voile de brouillard existait dans cette même direction, et dans cette direction seulement. Le dépôt noir était dû au fil de cuivre relié à la sphère d'argent et pénétrant aussi en partie dans l'eau.

» L'aluminium ne donne aucun dépôt cristallisé visible, mais il produit un phénomène très intéressant et curieux qui lui est propre. Il forme un dépôt arborescent de bulles gazeuses, qui semblent polarisées et rigides, s'embranchant les unes sur les autres identiquement à ce qu'on observe dans les cristallisations métalliques arborescentes décrites plus haut. Je n'ai pas encore pu constater si ces bulles polarisées contiennent de l'aluminium à l'état extrêmement divisé.

» Je pense que ces constatations, par leur nature et par la simplicité du dispositif qui les donne, pourront fournir des éléments nouveaux aux recherches sur les mouvements des ions, et sur la mesure de la vitesse de ces mêmes mouvements. Peut-être aussi pourront-ils se prêter à élucider certains points de la théorie osmotique de la pile; étant donné que les lois déduites des mesures de Van't Hoff et de Pfeffer sont d'autant mieux vérifiées que les solutions sont plus diluées. »

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la tension superficielle de quelques liquides organiques* [1]. Note de MM. **Paul Dutoit** et **Louis Friderich**, présentée par M. Georges Lemoine.

« Nous avons entrepris des recherches sur le coefficient de température de l'énergie superficielle moléculaire (tension superficielle rapportée à des surfaces équimoléculaires) d'un groupe de liquides organiques. Ces recherches avaient pour but de vérifier les relations indiquées par MM. Ramsay et Shields entre le coefficient de température et le poids moléculaire du liquide.

---

(1) Université de Genève, laboratoire de M. Guye.

» Nous avons opéré d'après la méthode indiquée par ces deux savants, en mesurant la hauteur d'ascension capillaire à différentes températures et sous la tension de la vapeur saturée du liquide. Ces observations, qui présentaient quelques difficultés en raison de la viscosité et du point de fusion élevé des corps que nous avons étudiés, seront consignées dans un Mémoire plus détaillé ([1]). Nous nous bornons à publier ici les valeurs moyennes du coefficient de température k, déduites de nos expériences effectuées entre la température ordinaire et le point d'ébullition pour les liquides bouillant au-dessous de 200°, et entre la température de fusion et 200° environ pour les corps bouillant plus haut. Quelques valeurs, marquées d'une astérisque, sont empruntées aux Mémoires de MM. Ramsay et Shields ([2]), Ramsay et Aston ([3]) : elles concernent des corps appartenant aux mêmes groupes que ceux faisant l'objet de nos mesures.

Benzène*	$k = 2,10$	Butyronitrile	$k = 1,89$
Toluène*	2,12	Benzonitrile*	2,13
Métaxylène	2,20	Para-toluonitrile	1,88-2,05
Mésitylène	2,15		
Durène	2,14	Hexane	2,11
Pentaméthylbenzène	2,165	Octane*	2,24
		Diphényle	2,22
Aniline	1,60-2,05	Naphtaline	2,29
Méthylaniline	1,99-2,08	Acénaphtène	2,31
Éthylaniline	2,22	Diphénylméthane	2,25
Diméthylaniline	2,39	Diphényléthane (sym.)	2,49
Diéthylaniline	2,34	Pyridine	2,17
Ortho-toluidine	2,05	Quinoléine	2,43
Para-toluidine	1,72		
Diméthyl ortho-toluidine	2,53	Acétone	1,83
Diphénylamine	2,57	Méthyléthylcétone	1,85
		Méthylpropylcétone*	2,01
Acétonitrile	1,50-1,56	Acétophénone	2,14
Propionitrile	1,67-1,74	Benzophénone	2,63

» Il résulte de nos expériences, rapprochées de celles d'autres observateurs, que le coefficient de température k de l'énergie superficielle moléculaire s'écarte notablement de la valeur moyenne 2,12 dans un grand nombre de cas. Pour les hydrocarbures à plusieurs noyaux benzéniques

([1]) Actuellement à l'impression et devant paraître prochainement dans les *Archives des Sciences physiques et naturelles*, à Genève.

([2]) Ramsay et Shields, *Zeit. Phys. Ch.*, t. XII, p. 433.

([3]) Ramsay et Aston, *Zeit. Phys. Ch.*, t. XV, p. 98.

condensés, les anilines substituées, le benzophénone, etc., ces valeurs conduiraient notamment à un poids moléculaire trop faible, sans que l'on puisse attribuer ces résultats anormaux à des erreurs d'expérience. Ainsi pour les hydrocarbures aromatiques, à un noyau benzénique, la moyenne de k est sensiblement 2,12; elle atteint 2,30 environ pour les hydrocarbures à deux noyaux benzéniques, 2,35 à 2,50 pour les anilines. MM. Ramsay et Shields avaient déjà observé quelques cas analogues, mais ces exemples étaient jusqu'ici isolés (octane, quinoléine, paraldéhyde).

» Ces écarts se produisent aussi bien dans un groupe de corps homologues que d'un groupe à l'autre. Dans les séries homologues, la constante k augmente au fur et à mesure que l'on considère les termes plus élevés; c'est là un fait général; peut-être faudrait-il en tirer la conclusion que les premiers termes des séries étudiées jusqu'à présent sont polymérisés, à l'exception des hydrocarbures, qui donnent précisément des valeurs très constantes du coefficient de température (voir l'exemple du benzène et de ses dérivés). C'est ainsi que, dans la série des éthers gras, étudiés par M. Ramsay et Mlle Aston, les premiers termes (formiate de méthyle et d'éthyle) donnent des valeurs de k voisines de 2 (2,02 — 2,04), tandis que, pour les termes plus élevés (isobutyrate de méthyle), cette valeur atteint 2,25. Les premiers termes de ce groupe d'éthers semblent donc faiblement polymérisés, ce qui concorde avec d'autres propriétés de ces corps. Il en est de même pour les anilines dont les atomes d'hydrogène liés à l'azote ne sont pas substitués, ou dont un seul est substitué; elles conduisent toutes à des valeurs de k plus faibles que les autres. On serait donc fondé à considérer la méthylaniline, par exemple, comme un liquide partiellement polymérisé, bien que sa constante (1,99 — 2,08) ait une valeur normale dans les limites admises par MM. Ramsay et Shields pour les liquides non polymérisés.

» Cette manière de voir sera confirmée par des considérations tirées du calcul de la température critique.

» Nous concluons donc de ces recherches :

» 1° Que le coefficient de température varie avec la température pour les liquides anormaux (c'est-à-dire ne conservant pas la même grandeur moléculaire dans l'intervalle de température étudié);

» 2° Que ce coefficient est indépendant de la température pour les liquides normaux;

» 3° Que, pour les liquides normaux, ce coefficient ne représente pas une

constante unique pour tous les corps et varie dans des limites plus étendues qu'on ne l'avait observé jusqu'à présent.

» Sur les deux premiers points, nos conclusions ne font que confirmer les résultats publiés par MM. Ramsay et Shields. »

CHIMIE. — *Sur le dosage volumétrique de l'hydrogène et les tensions chimiques.* Note de M. **Alb. Colson**, présentée par M. H. Moissan.

« J'ai montré que l'hydrogène est absorbé à froid par l'oxyde d'argent [1]. A 100°, la réaction est rapide et constitue un bon moyen de séparer l'hydrogène soit d'un carbure saturé, soit même de l'oxygène libre. Voici les faits :

» 1° On prépare l'oxyde d'argent en précipitant l'azotate par la potasse, lavant avec soin sur du coton de verre et séchant dans le vide, puis à 110°-120° : le produit possède alors très sensiblement la composition de l'hydrate AgOH.

» 2° On remplit d'hydrogène un tube barométrique muni à sa partie supérieure d'une tubulure horizontale contenant 1^{gr} à 2^{gr} d'oxyde d'argent. Dès que l'on chauffe à la vapeur d'eau la tubulure horizontale, on voit le mercure s'élever dans le tube vertical. Au bout de deux heures et demie à trois heures, l'ascension du mercure s'arrête; et si l'on observe la hauteur de la colonne mercurielle quand le tube a repris la température ambiante de 10°, on trouve qu'elle est égale à 758^{mm}, tandis que la hauteur barométrique est $767^{mm},7$. La différence $9^{mm},7$ est très sensiblement égale à $9^{mm},2$ qui correspond à la tension de la vapeur d'eau formée dans la réaction

$$AgOH + H = Ag + H^2O.$$

Donc l'hydrogène est totalement absorbé, même dans le voisinage du vide, par l'oxyde d'argent.

» 3° On constate que l'oxyde d'argent est sans action sur l'éthane préparé par l'action du zinc-éthyle sur l'eau, et qu'il absorbe une faible portion ($\frac{1}{100}$) du gaz résultant de la calcination de l'acétate de soude mélangé à la chaux sodée. Qnand cette première absorption est terminée, l'oxyde d'argent n'agit plus sur le gaz restant qui est le méthane.

» Donc ni l'éthane C^2H^6, ni le méthane CH^4 ne sont absorbés par AgOH.

» 4° On fait sur la cuve à eau des mélanges à volumes égaux d'hydrogène et de méthane, d'hydrogène et d'éthane, enfin d'hydrogène et d'oxygène. Puis on met respectivement 50^{cc} de chacun de ces trois mélanges en contact avec de l'oxyde d'argent chauffé à 100°. Au bout de trois heures, le volume restant, ramené aux conditions ini-

---

(1) *Comptes rendus*, novembre 1899.

tiales de température et d'hygrométrie, est réduit de moitié dans les trois cas (25^{cc} pour le méthane et l'oxygène, $24^{cc},8$ pour l'éthane).

» Si l'on rajoute quelques centimètres cubes d'hydrogène à chacun des résidus, on constate que le volume reprend exactement sa valeur primitive après trois heures de contact avec l'oxyde d'argent chauffé à 100°, et l'on vérifie sans peine l'absence d'oxygène dans les hydrocarbures résiduels. La diminution de volume est donc uniquement due à l'absorption de l'hydrogène.

» Ces expériences peuvent se réaliser dans un tube gradué dont l'extrémité supérieure, fermée par un robinet, est prolongée par un tube courbé dans lequel on introduit un tube en verre mince plein d'oxyde AgOH. On ferme le tube courbé à l'aide de mercure placé dans un creuset. On ouvre le robinet pour mettre en présence le gaz et l'oxyde d'argent, et l'on chauffe le creuset au bain-marie en laissant le tube gradué sur la cuve à eau qui a servi à son remplissage. Après refroidissement, on ferme le robinet et l'on jauge le gaz restant.

» En résumé, l'oxyde d'argent a le pouvoir d'absorber l'hydrogène sans agir ni sur les carbures saturés, ni sur l'oxygène. M. Fouqué, dans ses belles études sur les gaz volcaniques, séparait les hydrocarbures de l'hydrogène en agitant les gaz avec de l'alcool dissolvant des carbures; c'est une méthode inverse que nous venons d'exposer, et elle est indépendante des coefficients de solubilité.

» *Tensions chimiques.* — Vers 0°, la vitesse d'absorption de l'hydrogène par l'oxyde d'argent, dans un espace donné, n'est pas en rapport avec la masse d'oxyde, c'est-à-dire avec la surface de contact du solide et du gaz. Cette vitesse est sensiblement constante quand le poids de l'oxyde passe de 2^{gr} à $0^{gr},75$, par réduction (Voir le Tableau ci-dessous). La constance de la vitesse s'explique en admettant l'existence d'une véritable tension de l'oxyde d'argent (ou des ions OH) provoquée par l'affinité de l'hydrogène qui agit ensuite sur les particules en tension et non sur le solide. Dans cette hypothèse, l'affinité du gaz H pour le solide AgOH agit comme le ferait un abaissement énorme de la pression.

» La tension chimique ne se manifeste pas uniquement par la constance de la vitesse de réaction; elle apparaît encore dans ce fait singulier que l'argent réduit ne reste pas sur place; il est en partie transporté sur le verre auquel il adhère fortement et qu'il colore : ce phénomène rappelle le transport sur le verre du cuivre formé par l'action de l'hydrogène sur l'oxyde cuivrique chaud. C'est un nouvel exemple de la *diffusion des solides dans les gaz* que j'avais observée en 1881. Mais alors, pour montrer que la diffusion des solides se fait uniquement dans les gaz capables d'action chimique sur le solide, je faisais intervenir la chaleur; et l'on objectait que

le transport du solide était dû à une série de décompositions et recompositions successives. Dans l'action de l'hydrogène sur l'oxyde d'argent, la température reste voisine de la glace fondante, c'est-à-dire basse et sensiblement constante. Voici le Tableau d'une expérience : T désigne les températures ; L les longueurs, ramenées à la même pression, dont le mercure s'avance chaque vingt-quatre heures dans un tube à peu près horizontal ; ce tube plonge par l'extrémité ouverte dans une cuve à mercure et contient à l'extrémité fermée 2^{gr} d'oxyde AgOH :

T....	1°,5 à 3°,5	1°,2	1°,5	1°,5	2°,5	3°	0° à 2°	3°	3°,5	3°,5
L....	132^{mm}	135	141	150	150	170	160	160	140	142

» Le poids initial 2^{gr} de l'oxyde se trouvait réduit finalement à $0^{gr},76$, du 13 au 24 décembre 1899.

» Les dernières portions sont beaucoup plus lentes à réduire.

» L'action de l'hydrogène sur l'oxyde d'argent, à la température de l'eau bouillante, est, comme on l'a vu, beaucoup plus rapide. Elle donne lieu aussi à un transport d'argent sur le tube.

» En résumé, l'oxyde d'argent se comporte comme s'il émettait des vapeurs dans l'hydrogène, à toute température, et comme si l'hydrogène agissait principalement sur ces vapeurs. Cette expérience indique le mécanisme de la diffusion des solides dans les gaz. »

CHIMIE. — *Action de l'ammoniaque concentrée sur l'iodure de mercurdiammonium*. Note de M. **Maurice François**, présentée par M. H. Moissan.

« L'iodure de dimercurammonium, nommé autrefois *iodure de tétramercurammonium* (en équivalents), se produit lorsqu'on chauffe de l'iodure mercurique avec un grand excès d'ammoniaque concentrée. L'équation admise pour représenter cette réaction est

$$2HgI^2 + 4AzH^3 + H^2O = 3AzH^4I + Hg^2AzIH^2O.$$

» L'iodure de dimercurammonium insoluble se dépose ; il reste dans la liqueur de l'iodure d'ammonium dissous.

» J'ai voulu étudier de plus près cette réaction qui est importante, car l'iodure de dimercurammonium est le type d'une classe nombreuse de corps mal étudiés ; je veux rappeler les précipités obtenus par l'action de la liqueur de Nessler sur les sels d'alcaloïdes et d'amines en présence de

la soude. Pour cette étude et les déterminations qui suivent, j'ai choisi la solution d'ammoniaque marquant 22° Baumé ($D = 0,923$); c'est la concentration des solutions commerciales d'usage courant. J'ai opéré à la température de $+20°$, parce que la production de l'iodure de dimercurammonium se fait, aux rendements près, de la même façon à froid qu'à chaud.

» Un premier point à établir, c'est que la production de l'iodure de dimercurammonium est précédée de la formation de l'iodure de mercurdiammonium $HgI^2, 2AzH^3$. C'est cet iodure de mercurdiammonium qui est décomposé par la solution d'ammoniaque en donnant Hg^2AzI et AzH^4I.

» En effet, si l'on ajoute un faible volume d'ammoniaque concentrée à de l'iodure mercurique, il se transforme en quelques heures en un composé très blanc qui est l'iodure de mercurdiammonium. On obtiendra ce résultat en ajoutant à 10^{gr} d'iodure mercurique, 20^{cc} d'ammoniaque ($D = 0,923$). Ce composé reste blanc indéfiniment dans un vase fermé: mais, si l'on ajoute alors 1000^{cc} de la même ammoniaque, on voit la matière blanche brunir rapidement : l'iodure de mercurdiammonium s'est transformé en iodure de dimercurammonium. C'est donc bien aux dépens de $HgI^2, 2AzH^3$ et non de HgI^2 que se forme l'iodure de dimercurammonium. La formule qui exprime cette réaction, si l'on fait abstraction de l'état d'hydratation de l'iodure de dimercurammonium, doit donc s'écrire :

$$2(HgI^2, 2AzH^3) = Hg^2AzI + 3AzH^4I.$$

» J'ai constaté que cette décomposition de l'iodure de mercurdiammonium par les solutions concentrées d'ammoniaque est limitée et réversible, et j'ai déterminé les chiffres qui correspondent à l'état d'équilibre.

» Pour constater que cette décomposition est limitée, il suffit de préparer, dans un certain nombre de flacons, de l'iodure de mercurdiammonium sec par passage du gaz AzH^3 sur 10^{gr} de HgI^2, et de verser dans chacun, en une seule fois, des quantités variées d'ammoniaque : soit 200^{cc}, 400^{cc}, 600^{cc}, 800^{cc}. On constatera, après plusieurs jours de contact et d'agitation, que, à côté de l'iodure de dimercurammonium, il reste des cristaux incolores d'iodure de mercurdiammonium. La quantité de cet iodure resté inaltéré décroît du premier flacon au dernier. La réaction est donc limitée.

» Il est tout aussi facile de constater que cette décomposition est réversible. Les solutions d'iodure d'ammonium dans l'ammoniaque, suffisamment riches en AzH^4I, mises en contact avec de l'iodure de dimercurammonium, l'attaquent. On voit se déposer abondamment des aiguilles incolores d'iodure de mercurdiammonium, réaction inverse de celle qui a été indiquée ci-dessus.

» Entre ces deux actions inverses, il s'établit un état d'équilibre et l'on peut con-

stater que la composition du liquide, c'est-à-dire la teneur en mercure et en iode, est constante, après que l'équilibre est atteint, aussi bien dans la décomposition de $HgI^2, 2AzH^3$ que dans l'action inverse.

» On a fait agir, à la température de 20°, des quantités variées d'ammoniaque (D = 923) sur un poids fixe d'iodure de mercurdiammonium dans les flacons mêmes où cet iodure a été préparé par action du gaz AzH^3 sur HgI^2. Après un contact de dix jours au moins et des agitations répétées, on dose par électrolyse le mercure et l'iode sur 200cc des liqueurs filtrées. Au moment de l'équilibre, la liqueur est saturée d'iodure de mercurdiammonium qui se dépose par un refroidissement de quelques degrés. Admettant donc que tout le mercure dissous est à l'état d'iodure de mercurdiammonium, on trouve par calcul l'iode combiné au mercure et l'iode à l'état d'iodure d'ammonium libre.

Action de l'ammoniaque (D = 0,923) *sur* 10gr,75 $HgI^2, 2AzH^3$. T = 20°.

	Ammoniaque employée.	Hg dans 1000cc.	I total dans 1000cc.	I à l'état de AzH^4I.	AzH^4I libre dans 1000cc.
	cc	gr	gr	gr	gr
1	200	1,530	5,280	3,210	3,664
2	350	1,640	5,300	3,218	3,674
3	800	1,630	5,235	3,105	3,613

» L'action inverse a été pratiquée en faisant agir sur 20gr d'iodure de dimercurammonium 1000cc d'ammoniaque (D = 0,923) contenant 15gr, 20gr et 30gr d'iodure d'ammonium par litre.

» Pour se placer dans des conditions identiques à celles de la décomposition, les flacons avaient été au préalable remplis de gaz AzH^3. Après un mois de séjour dans une étuve à 20° et agitations fréquentes, on fait l'analyse des liquides filtrés.

Action de l'ammoniaque (D = 0,923) *contenant* 15gr *à* 30gr AzH^4I *par litre sur* Hg^2AzI *en excès.* T = 20°.

Hg dans 1000cc.	I total dans 1000cc.	I à l'état de AzH^4I.	AzH^4I libre dans 1000cc.
gr	gr	gr	gr
1,600	5,275	3,245	3,704
1,620	5,305	3,250	3,710

» Pour compléter cette étude, j'ai déterminé de la même manière que ci-dessus la teneur en mercure et en iode au moment de l'équilibre, lorsqu'on fait varier la concentration de l'ammoniaque. La quantité d'iodure de mercurdiammonium employée était de 21gr,50; le volume d'ammoniaque, de 500cc.

» On constate que la quantité d'iodure de mercurdiammonium décomposée croît

d'une façon rapide avec la concentration de l'ammoniaque, comme le montre le Tableau suivant :

Action de l'ammoniaque de concentration croissante sur $HgI^2, 2AzH^3$ *en excès.*
Composition du liquide au moment de l'équilibre.

Densité.	AzH^3 par litre	Hg dans 1000cc.	I total dans 1000cc.	AzH^4I libre dans 1000cc.
	gr	gr	gr	gr
0,980	48	0,527	2,178	1,721
0,960	96	0,660	2,657	2,076
0,940	144	1,055	3,714	2,711
0,923	192	1,625	5,250	3,638
0,911	224,6	2,890	7,361	4,214
0,900	255	3,480	8,983	5,210
0,889	285,6	9,770	19,293	7,865

» Ces chiffres fournissent une courbe très régulière. Ce Tableau ne contient pas de déterminations pour les solutions d'ammoniaque contenant moins de 48gr de AzH^3 par litre, parce que, comme je l'ai annoncé dans une Note antérieure, au-dessous de cette teneur des liquides en ammoniaque, $HgI^2, 2AzH^3$ n'est pas stable, mais bien $3HgI^2, 4AzH^3$ (1).

» *Conclusions.* — La formation de l'iodure de dimercurammonium résulte de l'action des solutions concentrées d'ammoniaque sur l'iodure de mercurdiammonium $HgI^2, 2AzH^3$. Cette action est limitée et réversible. Au moment de l'équilibre, un volume déterminé de liqueur ammoniacale contient une quantité d'iodure d'ammonium libre constante pour une température donnée et pour une concentration donnée de l'ammoniaque. »

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur les borates de la série magnésienne.* Note de M. **L. Ouvrard**, présentée par M. Troost.

« Dans une Communication précédente, nous avons donné un procédé permettant d'obtenir un borate de cadmium venant s'ajouter au borate de magnésium décrit par Ebelmen, pour démontrer la tribasicité de l'acide borique. Nous allons indiquer les résultats que l'emploi de cette méthode nous a fournis avec les métaux de la série magnésienne.

» L'oxyde de zinc se dissout aisément dans un mélange équimoléculaire de fluorhydrate de fluorure de potassium et d'anhydride borique, amenés

(1) *Comptes rendus*, t. CXXIX, p. 298.

à fusion, au préalable, dans un creuset de platine. Si la proportion d'oxyde de zinc est voisine d'une molécule, en conduisant le refroidissement avec ménagement, on voit se former à la surface du bain des aiguilles qui ne tardent pas à envahir toute la masse.

» En reprenant le culot par l'eau froide, on obtient des prismes, quelquefois très aplatis, agissant vivement sur la lumière polarisée, à extinctions longitudinales et qui semblent appartenir au système orthorhombique.

» Ces prismes sont altérables par l'eau chaude qui leur enlève la plus grande partie de leur acide borique, en laissant un résidu amorphe contenant surtout de l'oxyde de zinc; ils sont très solubles dans les acides étendus.

» Leur analyse montre que l'on a affaire au borate $Bo^2O^3, 3ZnO$ [1].

» En faisant varier la proportion d'anhydride borique, nous avons obtenu d'autres borates sur lesquels nous reviendrons plus tard.

» L'emploi de chlorure de zinc au lieu d'oxyde ne nous a jamais donné de borate exempt soit de composés chlorés, soit de zincite.

» Le borate de manganèse $Bo^2O^3, 3MnO$ [2] se prépare facilement en faisant réagir une molécule de chlorure de manganèse sur le mélange équimoléculaire de fluorhydrate de fluorure de potassium et d'anhydride borique, en s'attachant à éviter l'action de la vapeur d'eau. On obtient ainsi des aiguilles, plus ou moins colorées en brun, mais transparentes, agissant vivement sur la lumière polarisée, inattaquables par l'eau chaude, très solubles dans les acides.

» Avec un léger excès de chlorure de manganèse, on constate presque aussitôt la formation de boracite chlorée, facile à distinguer par son aspect et par son insolubilité relative dans l'acide chlorhydrique concentré et froid.

» On peut obtenir encore le même borate tribasique, en remplaçant le chlorure de manganèse par une quantité équivalente de carbonate ou de borate précipité, mais les aiguilles sont, en général, moins bien développées que quand on emploie le chlorure [3].

---

(1) Bo^2O^3, calculé : 22,35; trouvé : 22,88 et 22,75. ZnO, calculé : 77,65; trouvé : 77,16 et 77,28.

(2) Bo^2O^3, calculé : 24,73; trouvé : 24,53 et 24,21. MnO, calculé : 75,27; trouvé : 74,94 et 74,82.

(3) Dans les produits préparés, mais non décrits, par Ebelmen et laissés après sa mort à l'École des Mines, MM. Mallard et Le Chatelier ont signalé deux borates de manganèse, à l'un desquels ils ont donné la formule d'un borate tribasique en se fondant sur son isomorphisme avec le borate de magnésie et sur un dosage de manganèse effectué dans la masse cristalline, par M. Le Chatelier.

Ces savants ont aussi reconnu un borate bibasique de manganèse, en prismes tricliniques, et les composés correspondants du cobalt; mais pour ces deux derniers,

» Le chlorure de nickel réagit sur le mélange de fluorhydrate de fluorure de potassium et d'anhydride borique, dans des proportions qui peuvent varier dans des limites assez larges, en donnant le borate Bo^2O^3, $3NiO$ (1), sans formation de boracite, ni d'autre composé.

» Ce sont des prismes courts, surmontés d'une pyramide, à extinctions longitudinales. Ils sont d'un vert clair, inattaquables par l'eau et solubles dans les acides.

» On arrive au même produit en remplaçant le chlorure de nickel par le carbonate ou le borate amorphe.

» Le chlorure de cobalt, employé dans les proportions équimoléculaires, ne donne plus le borate tribasique, comme l'avaient fait les chlorures précédents. On obtient, dans ces conditions, des prismes d'un rouge violacé, de plusieurs millimètres de longueur, généralement cannelés sur les faces, agissant énergiquement sur la lumière polarisée, et dont les extinctions se font à 26° environ de l'axe d'allongement.

» Ces prismes répondent à la formule Bo^2O^3, $2CoO$ (2).

» Quand on diminue la proportion d'anhydride borique, en ayant soin de ne pas prolonger le temps de chauffe, on obtient le borate tribasique, Bo^2O^3, $3CoO$ (3), en cristaux aplatis, roses, en forme de rhombes, souvent accolés, dont les extinctions se font parallèlement aux diagonales du losange.

» L'analyse de ces différents borates a été conduite de la façon suivante :

» La matière étant attaquée par le carbonate de potasse au rouge, on séparait, par lavage, le carbonate insoluble, et l'on y dosait le métal par les procédés connus, par exemple à l'état d'oxyde salin pour le manganèse, et à l'état métallique pour le nickel et le cobalt. Pour le manganèse, on avait eu soin de faire bouillir la liqueur alcaline avec un peu d'alcool pour détruire la petite quantité de manganate qui avait pu se former par la fusion à l'air, en présence de carbonate de potasse.

» La liqueur alcaline filtrée, acidulée par l'acide fluorhydrique exempt de silice, était évaporée à siccité dans un vase de platine et le résidu repris successivement par l'acétate de potasse et l'alcool; l'acide borique était pesé à l'état de fluoborate de potasse.

» Ce procédé de dosage, qui peut paraître insuffisant pour la recherche de traces d'acide borique, convenait parfaitement dans le cas où nous nous étions placé.

---

il n'en a pas été fait d'analyses, la masse cristalline n'étant pas assez homogène. (*Annales des Mines*, 8e série, t. XII, p. 442; 1887, et *Comptes rendus*, t. CXIII, p. 1034.)

(1) Bo^2O^3, calculé : 23,73; trouvé : 23,85 et 22,97. NiO, calculé : 76,27; trouvé : 76,21 et 76,77.

(2) Bo^2O^3, calculé : 31,82; trouve : 31,18 et 32,14. CoO, calculé : 68,18; trouvé : 68,13 et 68,64.

(3) Bo^2O^3, calculé : 23,73; trouvé : 23,30 et 23,41. CoO, calculé : 76,27; trouvé : 76,01 et 76,08.

» En résumé, nous venons de voir que si les méthodes de la voie humide n'ont pas permis, jusqu'à présent, de préparer des borates tribasiques définis, par suite de la facile décomposition des borates par l'eau, il n'en est pas de même des procédés de la voie sèche, qui nous donnent des corps présentant, en général, par leur mode de formation, une stabilité plus grande vis-à-vis des agents de décomposition. »

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la valeur acidimétrique des acides maloniques substitués, comparée à celle des diacides normaux correspondants.* Note de **M. G. Massol.**

« Dans un travail précédent [1] j'ai comparé les chaleurs de formation à l'état solide des sels de potasse des acides malonique, succinique, isosuccinique ou méthylmalonique, glutarique et pyrotartrique ou méthylsuccinique, et j'avais conclu de mes expériences :

» 1° Que les chaleurs de formation des sels solides des acides non normaux sont supérieures à celles des acides normaux correspondants;

» 2° Que les chaînes hydrocarbonées latérales ne paraissent pas avoir d'influence sur l'affinité chimique des groupements acides.

» Mais ces résultats, basés sur la comparaison d'acides ne renfermant que le groupe méthyl substitué, avaient besoin d'être vérifiés avec des acides à poids moléculaire plus élevé et ayant une chaîne latérale plus complexe; c'est dans ce but que j'ai étudié plusieurs termes de la série des acides maloniques substitués, ainsi que plusieurs homologues normaux de l'acide oxalique.

» Les données thermiques relatives à ces divers acides ont été publiées dans une série de Notes [2]; je résume ici les résultats expérimentaux obtenus, pour présenter quelques conclusions plus générales.

» Les quantités de chaleur dégagées Q, exprimées en grandes calories, correspondent à l'équation générale

$$C^nH^{2n-2}O^4 \text{ sol.} + 2KOH \text{ sol.} = C^nH^{2n-4}O^4K^2 \text{ sol.} + 2H^2O \text{ sol.} + Q$$

et représentent, par conséquent, les quantités de chaleur dégagées par la combinaison de 1 molécule d'acide avec 2 molécules de potasse et élimi-

---

(1) *Annales de Chimie et de Physique*, 7e série, t. I, p. 145; 1893.

(2) *Comptes rendus* et *Bulletin de la Société chimique*; 1893 à 1899.

nation de 2 molécules d'eau, tous les corps étant pris ou ramenés à l'état solide.

Acides normaux.

			Cal
C^3	Acide	malonique......	+48,57
C^4	»	succinique......	46,40
C^5	»	glutarique......	44,23 (¹)
C^6	»	adipique........	45,45
C^7	»	pimélique.......	»
C^8	»	subérique.......	44,76
C^9	»	azélaïque.......	»
C^{10}	»	subérique.......	43,99

Acides non normaux.

		Cal
Acide	méthylmalonique...	+49,08
»	éthylmalonique....	48,25
»	*n*-propylmalonique.	46,34
»	*n*-butylmalonique..	46,80
»	*i*-amylmalonique...	46,49

» Ces nombres, déterminés dans des conditions expérimentales identiques, sont absolument comparables et mesurent la valeur acidimétrique de ces acides; le Tableau ci-dessus permet d'énoncer les conclusions suivantes :

» 1° Pour les acides normaux de la série oxalique, l'augmentation du poids moléculaire amène d'abord une diminution progressive de la valeur acidimétrique correspondant environ à 2^{Cal}, puis à 1^{Cal} pour chaque CH^2 intercalé; à partir du terme en C^5 la quantité de chaleur dégagée diminue peu et tend progressivement vers un minimum qui sera atteint au moment où les deux carboxyles seront suffisamment éloignés pour ne plus réagir l'un sur l'autre; ce minimum doit être égal à la valeur acidimétrique de deux molécules d'un monoacide gras [$21,9(B) \times 2 = 43,8$ pour l'acide acétique], il est sensiblement atteint pour l'acide sébacique en C^{10}.

» 2° Pour la série homologue des acides maloniques monosubstitués, le phénomène est identique; la quantité de chaleur dégagée décroît d'abord avec l'augmentation du poids moléculaire, puis reste sensiblement constante. Ici le minimum est notablement supérieur à la quantité de chaleur dégagée par deux molécules d'acide acétique, il correspond sensiblement à l'acide succinique.

» 3° Si l'on compare maintenant chaque acide monosubstitué avec son homologue normal renfermant le même nombre d'atomes de carbone et ayant, par conséquent, même poids moléculaire, on constate que l'acide non normal dégage constamment plus de chaleur que l'acide normal.

» 4° Ces résultats confirment les conclusions que j'avais indiquées dès

(¹) Le nombre trouvé pour l'acide glutarique normal est probablement un peu faible, toutes les déterminations ont été effectuées avec 15^{gr} seulement de cet acide.

le début de ces recherches, à savoir, que la valeur acidimétrique des polyacides à fonctions simples dépend beaucoup plus de leur structure moléculaire et de l'écartement des carboxyles que de leur poids moléculaire. »

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur l'individualité de la* séminase, *ferment soluble sécréte par les graines de légumineuses à albumen corné pendant la germination*. Note de MM. **Émile Bourquelot** et **H. Hérissey** [1].

« Nous avons montré, par nos dernières recherches, que les graines de Fenugrec et de Luzerne [2], ainsi que celles de Caroubier [3], sécrètent, en germant, des ferments solubles susceptibles d'hydrolyser les hydrates de carbone qui constituent, en grande partie, les albumens cornés de Caroubier et de Casse, et cela en donnant du mannose et du galactose.

» Ces points établis, nous nous sommes demandé si ces graines, qui sont des graines de légumineuses à albumen corné, étaient seules à jouir de cette propriété et si l'on ne la retrouverait pas chez des graines à albumen amylacé, par exemple.

» L'Orge étant un type de ces dernières, nous avons essayé sur l'albumen de Caroubier une macération d'Orge germé, ainsi que le produit commercial désigné sous le nom de *diastase*, produit qui, comme l'on sait, représente l'ensemble des ferments solubles élaborés par l'Orge durant la germination ou, du moins, de ceux qui sont précipitables par l'alcool.

» L'albumen ayant été, dans les deux cas, fluidifié lentement et saccharifié partiellement, nous nous sommes trouvés ramenés à la question de savoir si la diastase proprement dite (ferment ou ensemble de ferments saccharifiant l'amidon) et le ferment sécrété par les graines de légumineuses à albumen corné (ferment ou ensemble de ferments saccharifiant les hydrates de carbone de l'albumen de la graine de Caroubier) sont identiques.

» Déjà nous avions traité l'albumen de Caroubier par la salive, qui est une solution de diastase, et nous n'avions constaté aucune action, ce qui était un argument en faveur de la non-identité.

---

(1) Ces recherches seront exposées en détail dans le *Journal de Pharmacie et de Chimie*.

(2) *Comptes rendus*, séance du 2 janvier 1900.

(3) *Comptes rendus*, séance du 16 octobre 1899.

» Nous avons, par la suite, essayé sur le même albumen l'action des ferments de l'*Aspergillus niger*, parmi lesquels se trouve aussi de la diastase; et nous avons observé une certaine saccharification. Cet autre fait est plutôt en faveur de l'opinion contraire, bien qu'on puisse l'interpréter en admettant l'existence, à côté de la diastase, d'une petite quantité du ferment soluble agissant sur les hydrates de carbone des albumens cornés des légumineuses.

» Pour essayer de résoudre définitivement cette question, nous avons étudié comparativement, sur l'empois d'amidon et sur l'empois d'albumen de Caroubier : d'une part, l'action des ferments solubles de l'Orge germé et, d'autre part, celle des ferments des graines de Fenugrec et de Luzerne en germination.

» I. *Fenugrec et Orge germés.* — Dans ces essais, on s'est servi, pour le Fenugrec, des ferments précipités par l'alcool, d'une macération aqueuse; pour l'Orge germé, d'une diastase commerciale.

» Dans une première série d'essais, on a fait agir, à 48°-50°, un poids égal de chacun de ces produits sur une même quantité d'un empois de fécule de Pomme de terre à 6 pour 100. Au bout d'une heure et demie, l'action a été arrêtée en portant à l'ébullition.

» Avec la diastase, la liquéfaction était complète; le liquide filtrait facilement et n'était plus coloré par l'eau iodée; il contenait $2^{gr},08$ de matières réductrices, exprimées en glucose, pour 100^{cc}. Avec le produit tiré du Fenugrec, la liquéfaction était imparfaite; le liquide filtrait très lentement et était coloré en bleu par l'eau iodée; il renfermait $1^{gr},61$ de matières réductrices pour 100^{cc}.

» Dans une autre série d'essais, on a fait agir, à 30°-35°, en milieu thymolé, les mêmes produits sur un empois d'albumen de Caroubier à 5 pour 100; l'opération n'a été arrêtée qu'au bout de huit jours.

» Avec la diastase, la liquéfaction était incomplète; le liquide était encore mucilagineux et renfermait $0^{gr},71$ de matières réductrices pour 100^{cc}. Avec le produit du Fenugrec, la liquéfaction était terminée; le liquide filtrait facilement et renfermait $1^{gr},71$ de matières réductrices pour 100^{cc}.

» On voit ainsi que, tandis que la diastase employée agit rapidement sur l'amidon, et très lentement sur l'albumen de Caroubier, c'est le contraire qui a lieu pour le produit fermentaire retiré du Fenugrec, qui hydrolyse lentement l'amidon et rapidement l'albumen.

» Ces résultats sont encore plus nets, comme on va le voir pour la graine de Luzerne, lorsqu'on se sert d'une macération des graines germées et qu'on prolonge moins longtemps l'action.

» II. *Graine de Luzerne et Orge germés.* — Dans ces essais, les ferments n'ont pas

été précipités préalablement; on s'est servi de macérations aqueuses fluorées et filtrées claires. La macération de Luzerne a été faite avec des graines arrivées à la quarante-huitième heure de germination, à 25°-30°, et dans l'obscurité. La macération d'Orge a été faite avec du malt non touraillé, desséché. Les proportions de graines de Luzerne et de malt, à ajouter à une quantité d'eau donnée, ont été calculées de façon à représenter le même poids de matières sèches. Les macérations ont duré le même temps.

» Dans la première série d'essais, on a fait agir, à 48°-50°, un égal volume de chacune des macérations sur une même quantité d'empois de fécule. L'action a été arrêtée au bout de trente minutes.

» Avec la macération de malt, la liquéfaction de l'empois était parfaite et le liquide n'était plus coloré par l'eau iodée; il s'était formé $2^{gr},38$ de matières réductrices pour 100^{cc}. Avec la macération de Luzerne, la liquéfaction de l'empois était à peine commencée et le produit était coloré en bleu par l'eau iodée; il s'était formé $0^{gr},17$ de matières réductrices pour 100^{cc} environ.

» Dans la seconde série d'essais, on a opéré de même sur l'empois d'albumen de Caroubier, à 30°-35°; mais on n'a arrêté l'action qu'au bout de vingt-sept heures.

» Avec la macération de malt, l'empois d'albumen n'avait encore que l'apparence d'un liquide mucilagineux et il s'était formé $0^{gr},43$ de matières réductrices pour 100^{cc} seulement. Avec la macération de Luzerne, au contraire, l'empois était complètement liquéfié et il s'était déjà formé $1^{gr},20$ de matières réductrices pour 100^{cc}.

» III. *Conclusions*. — La meilleure interprétation de ces faits consiste évidemment à admettre que les graines germées de Fenugrec et de Luzerne contiennent, outre une petite quantité de diastase, une proportion beaucoup plus grande d'un ferment particulier, agissant sur les hydrates de carbone des albumens cornés des légumineuses. Ce dernier ferment serait donc une espèce; comme d'ailleurs il paraît exister dans beaucoup de semences en germination et que, de plus, les hydrates de carbone qui fournissent du mannose à l'hydrolyse ont été quelquefois désignés sous le nom de *séminine*, nous proposons d'appeler ce ferment *séminase*.

» Ajoutons que la production, pendant la germination, d'une petite quantité de diastase proprement dite dans les graines de Fenugrec et de Luzerne, n'a rien qui doive étonner. En effet, les cotylédons de ces graines renferment de l'amidon dont la quantité s'accroît durant les premiers temps de la germination, mais qui disparaît à la fin de celle-ci [1]. »

---

[1] H. Nadelmann, *Ueber die Schleimendosperme der Leguminosen* (*Jahrb. f. wissenchaftl. Botanik*, t. XXI, p. 609; 1890).

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Influence d'un parasite sur la plante hospitalière.* Note de M. C. SAUVAGEAU, présentée par M. Guignard.

« Toutes les espèces de la famille des Sphacélariacées possèdent la propriété, découverte par M. Reinke, de noircir par l'action de l'eau de Javel. Cette coloration, parfois d'un noir très intense et toujours éphémère, paraît due à une substance organique sécrétée par les cellules et qui imprègne les parois. Jusqu'à présent, elle est caractéristique des plantes de cette famille, car on ne l'a mentionnée chez aucune autre Algue.

» J'ai pensé à utiliser cette propriété pour rechercher si certains *Sphacelaria* endophytes n'exercent pas une action particulière sur l'Algue hospitalière. J'ai étudié trois espèces : le *S. Hystrix*, parasite sur le *Cystoseira ericoides*, le *S. furcigera*, parasite sur le *Cystoseira discors* et le *S. amphicarpa* (sp. nov. Lebel mscr.), parasite sur l'*Halidrys siliquosa*. Les exemplaires que j'ai observés s'enfoncent nettement par leur base, mais peu profondément, entre les cellules superficielles de l'hôte, comme s'ils cherchaient un mode de fixation favorable plutôt qu'un substratum nourricier; la partie endophyte, massive, n'envoie ni prolongements à l'intérieur des cellules contiguës, ni rhizoïdes entre les cellules plus éloignées; à l'extérieur, les touffes adultes débordent largement la partie profonde; aucun de ces exemplaires ne produit de galle ni de déformation.

» En faisant agir l'eau de Javel sur des coupes passant par la portion endophyte, on constate que celle-ci se colore avec autant d'intensité que la partie épiphyte. En outre, bien que les cellules de la plante hospitalière situées au-dessous n'aient subi en apparence aucune modification, quelques-unes d'entre elles, en nombre variable, présentent la même réaction noire, mais celle-ci est limitée à la lamelle moyenne qui les sépare. Si un épaississement triangulaire ou quadrangulaire de cette lamelle existe au point d'union des cellules, il se colore complètement. Il ne suffit donc pas, comme on l'a dit, de l'examen superficiel d'une coupe traitée par l'eau de Javel pour apprécier la portion endophyte d'une Sphacélaire, car tout ce qui prend la teinte noire n'appartient pas au parasite.

» Pour expliquer ce fait, on pourrait supposer qu'il n'y a pas d'action directe du parasite sur l'hôte, mais seulement excrétion par le premier de la substance sensible à l'eau de Javel. Toutefois, je n'ai jamais constaté que les épiphytes qui croissent fréquemment sur les Sphacélariacées pré-

sentent la coloration noire en leur point d'attache, comme cela pourrait avoir lieu s'il y avait excrétion. De plus, j'ai rencontré aussi le *S. furcigera* sur le *Codium adhærens*, et, autant qu'il m'a été possible de m'en rendre compte, ses filaments rampants, qui pénètrent entre les nombreux diverticules de cette Algue verte spongieuse, ne leur communiquent pas la propriété de se colorer en noir.

» Il semble donc bien que le tactisme des *Sphacelaria* a agi sur les cellules des Fucacées hospitalières de manière à leur faire produire une substance qu'elles ne sécrètent pas habituellement.

» Le *Streblonemopsis irritans* de M. Valiante et l'*Ectocarpus Valiantei* que j'ai décrit, qui croissent aussi en parasites sur des *Cystoseira* et provoquent la formation de galles, agissent sans doute aussi sur les cellules entourant la portion endophyte, mais nous ne connaissons pas de réactif capable de déceler la substance irritante. Enfin, l'action exercée dans certains cas chez les plantes supérieures, par le greffon sur le porte-greffe, est peut-être un phénomène du même genre. Je me contenterai de rappeler à ce sujet l'expérience de M. Strasburger dans laquelle une Pomme de terre, sur laquelle était greffé un *Datura Stramonium*, a produit de l'atropine dans ses tubercules. Je rappelle aussi le cas curieux du Néflier de Bronvaux si soigneusement décrit par M. Le Monnier. »

PALÉONTOLOGIE. — *Sur la première plante fossile envoyée de Madagascar.* Note de M. **Ed. Bureau**, présentée par M. Albert Gaudry.

« On savait depuis longtemps qu'il existe des traces de combustible minéral dans le nord de Madagascar. Comprenant toute l'importance d'une étude scientifique de ces gisements, nous ne cessions de demander, et aux voyageurs du Muséum, et aux personnes résidant dans l'île qui voulaient bien nous offrir leur concours, de rechercher des empreintes végétales au voisinage des couches de charbon, afin d'arriver à déterminer le niveau géologique de ces couches.

» M. Joly, médecin de la Marine, vient de faire parvenir au Muséum un petit nombre d'échantillons de roche portant des empreintes de plantes suffisamment nettes. C'est un schiste tendre, très noir, tachant les doigts et le papier, qui a été recueilli sur la côte de la baie d'Amposindava, au sud-ouest du village Ampaninana. Les fragments de schiste portent cinq à six empreintes d'une seule espèce de plante.

» C'est un *Equisetum,* représenté probablement par des tiges et des rameaux, les premières ayant une largeur uniforme de 25^{mm} à 27^{mm} et les seconds 15^{mm} seulement. Les entre-nœuds sont longs de 30^{mm} sur les grosses tiges. Sur un rameau, je ne leur ai trouvé que 18^{mm} de longueur. Quel que soit le diamètre des tiges ou rameaux, les caractères extérieurs sont les mêmes.

» Le contour est cylindrique; mais l'entre-nœud, à sa partie supérieure, est parcouru, dans une longueur parfois assez grande, par des côtes. Ces côtes sont fort remarquables. Beaucoup d'espèces vivantes ne présentent sur les côtes ou carènes aucun sillon, et quelques-unes seulement ont sur ces côtes une légère dépression, qui a été appelée *sillon carénal.* Dans le fossile que nous décrivons, le sillon carénal prend une telle largeur qu'il occupe la côte presque tout entière, et que cette côte se trouve remplacée par une large surface presque plane, très légèrement en gouttière cependant; car elle est bordée latéralement par deux lignes minces et saillantes. Ainsi, les bords de la côte sont plus élevés que le milieu, et ces lignes saillantes limitent le sillon de séparation des côtes : le *sillon commissural,* qui est très étroit.

» Au-dessus de l'articulation, se voit la gaine, embrassant étroitement la tige. Elle a de 19^{mm} à 21^{mm} de haut et est surmontée de dents longues de 3^{mm}-4^{mm} qui, d'une base large, triangulaire et épaisse, s'atténuent promptement en une pointe sétacée trois ou quatre fois aussi longue que cette base. Les deux lignes saillantes qui limitent chaque carène se continuent dans la gaine en se rapprochant graduellement l'une de l'autre et viennent aboutir, sans s'être réunies, dans la base dilatée de la dent.

» Aucun des fossiles du terrain houiller qu'on a décrits sous le nom d'*Equisetum, Equisetites* ou *Equisetides,* n'a, à ma connaissance, une organisation semblable. L'*Equisetides giganteus* Schimp. et l'*Equisetum Monyi* Renault et Zeiller n'ont que des gaines très courtes; l'*Equisetides brevidens* Schimp. a les dents simplement triangulaires et nullement acuminées; l'*Equisetides rugosus* Schimp. s'éloigne de tous les autres par les stries transversales de sa gaine; l'*Equisetites lingulatus* Germar n'est que la gaine d'une grosse tige d'*Annularia;* enfin, l'*Equisetum antiquum,* de l'étage houiller inférieur, que j'ai décrit dans les *Comptes rendus,* n'a pas une taille supérieure à celle de nos *Equisetum* actuels.

» On ne peut rapprocher non plus le fossile de Madagascar de l'*Equisetites Vaujolyi* Zeill. du Permien de Coulandon (Allier), qui n'a sur la gaine que des côtes simples se terminant chacune par une dent.

» Mais lorsqu'on arrive aux *Equisetum* du Trias, les analogies se montrent. Évidentes avec l'*Equisetum arenaceum* Bronn, du Keuper, de 4^{cm} à 10^{cm} de diamètre, qui a de cent dix à cent vingt dents à la gaine (tandis que l'espèce dont nous nous occupons en a de trente à trente-cinq), et dont les dents paraissent bien plus caduques que dans celle-ci, ces analogies deviennent peut-être plus frappantes avec l'*Equisetum platyodon* Schimp.

(du même niveau), sur lequel on reconnaît encore plus nettement la même exagération en largeur du sillon carénal, et le même nombre de divisions de la gaine : une trentaine; mais, dans l'*Equisetum platyodon*, le diamètre de la tige est d'environ 4^{cm}, les divisions de la gaine sont beaucoup plus larges, et, sur cette gaine, les fines lignes saillantes bordant la partie plane de la côte sont plus convergentes vers le haut, et se réunissent sous le sommet des dents, qui sont triangulaires.

» Il va sans dire que j'ai comparé la plante fossile de Madagascar aux *Equisetum* des terrains jurassiques et autres plus récents. L'affinité est encore reconnaissable avec l'*Equisetum columnare* Brongn., qui a jusqu'à 6^{cm} de diamètre et jusqu'à soixante dents à la gaine; mais au-dessus de ce niveau géologique les ressemblances s'effacent, bien qu'elles restent encore plus grandes qu'avec les *Equisetum* et *Equisetites* houillers.

» En somme, l'espèce d'*Equisetum* envoyée par M. Joly me paraît nouvelle, et je propose de lui donner le nom d'*Equisetum Jolyi*, nom qui a peut-être le tort de ressembler un peu à celui d'*Equisetum Vaujolyi*, mais qui est suffisamment distinct. Bien que nouvelle, elle a des affinités nettement triasiques, et l'impression qui résulte de son examen vient à l'appui de l'opinion de M. Boule, qui regarde les schistes charbonneux du nord de Madagascar comme assimilables aux schistes à charbon de Karoo, dans l'Afrique australe. »

GÉOLOGIE. — *Sur les phénomènes de métamorphisme, de production de minerai de fer, consécutifs à la dénudation du plateau de Haye (Meurthe-et-Moselle)*. Note de M. **Bleicher**, présentée par M. Albert Gaudry.

« Si l'on part du démantèlement des couches disparues à la surface du plateau central de Haye ([1]), on doit, en tenant compte de leur nature minéralogique déduite de la composition connue des étages correspondants *bathonien, oxfordien, rauracien*, dans la région de Toul, s'attendre à y trouver, avec des roches non altérées de ces horizons géologiques, des déchets portant la marque d'une altération profonde.

» On rencontre en effet dans les fissures et dépressions les séries suivantes : argile à peu près chimiquement pure, mais toujours saturée

---

([1]) *Sur la dénudation du plateau central de Haye* (*Comptes rendus*, séance du 15 janvier 1900).

d'oxyde de fer et pénétrée de silice, occupant le fond des fissures, que nous considérons comme le déchet ultime de la décalcification des calcaires.

» Cette argile rouge, plus ou moins mélangée de sable fin vosgien et de débris menus de calcaires oolithiques corrodés, forme des dépôts de 4^{m} à 6^{m} de puissance (Champ-le-Bœuf, près Nancy) et constitue, sous forme de revêtements plus ou moins colorés, la *terre rouge*, la *terre jaune*, sols des forêts, bien connus des géologues lorrains.

» Ce sont là les premiers termes d'une série qui comprend des conglomérats (carrière du Bâlin près Nancy), de la *grouine*, des amas de débris de plaquettes calcaires plus ou moins attaquées par les causes atmosphériques. La décalcification et la rubéfaction plus ou moins intenses, phénomènes si bien étudiés par M. E. van den Broeck [1], rendent compte de ces apparences, et nous connaissons les voies de départ du calcaire qui a été mis en liberté par ces actions de lavage et de dissolution.

» Mais il y a des phénomènes plus intéressants de métamorphisme d'une part, et d'autre part de production de minerai de fer, conséquences de la dénudation, qui méritent d'attirer l'attention. Les nodules et débris anguleux de roches siliceuses rauraciennes ou coralliennes, à *Cidaris florigemma* mentionnés précédemment, étaient à notre avis primitivement calcaires, mais se sont complètement silicifiés par décalcification, au cours du transport vertical de leur position première, à environ 200^{m} au-dessus de la surface du plateau, à leur position actuelle. Ils se montrent formés de grains anguleux, hyalins, ébauches de cristaux de quartz, à section hexagonale. Il n'y a donc pas lieu de les interpréter comme *grès*, aucune roche de ce genre ne se trouvant dans le Rauracien, et leur richesse en silice s'explique par leur long séjour dans un milieu saturé de silice comme le devaient être les chailles oxfordiennes.

» L'imprégnation siliceuse s'est souvent accompagnée d'imprégnation ferrugineuse, et l'on peut admettre que, sur la masse considérable de fer qui, sous la forme de nodules, de fossiles pyriteux ou hydroxydés, d'oolithes, se trouvait disséminée dans les 200^{m} de couches délavées, une partie s'est concentrée dans les argiles plus ou moins pures du fond des fissures et des dépressions, pour se déposer sous la forme de *fer fort*, noduleux ou pisolithique.

---

(1) *Mémoire sur les phénomènes d'altération des dépôts superficiels.* Bruxelles, 1881.

» Ce genre de minerai abonde sur le plateau de Haye; mais il est trop disséminé pour avoir donné lieu à des exploitations régulières. Quelle que soit sa forme, la taille des pisolithes, des moules de fossiles (*Rynchonella varians* Desh., p. ex.), le minerai de fer fort se montre toujours formé d'une sorte de squelette d'argile pure imprégnée de silice, auquel le fer se trouve seulement superposé (¹). La mise en évidence de ce substratum argilo-siliceux, *pris évidemment sur place*, se fait à l'aide d'une attaque prolongée par l'eau régale, additionnée ou non de chlorate de potasse, des échantillons entiers, jusqu'à décoloration complète.

» Le milieu ferrugineux a dû être si riche, que dans certains nodules on trouve des grains de sable quartzeux vosgiens recouverts de couches concentriques de minerai de fer silico-ferrugineux qui leur donnent une apparence d'oolithes. Les os et dents, assez abondants dans les fissures, en sont également pénétrés jusque dans les canalicules les plus fins des ostéoplastes.

» Cette action métamorphique a dû se continuer longtemps et n'est peut-être pas arrêtée aujourd'hui, car on trouve, dans les parties encaissantes les plus superficielles des fissures, des fragments anguleux de calcaire oolithique du *bâlin* (bajocien supérieur) imprégnés de fer dans toute leur épaisseur. Les coupes montrent le remplacement plus ou moins complet du calcaire de la coque des oolithes par le fer, le ciment, dans lequel elles sont plongées, restant indemne.

» En résumé, la dénudation du plateau central de Haye s'est accompagnée et a été suivie de phénomènes de dissolution, de substitution, de métamorphisme des roches calcaires en particulier, de formations nouvelles de minerai de fer, dont les causes doivent être cherchées plutôt dans les circonstances géologiques qui ont accompagné ce phénomène que dans des émissions souterraines. »

MINÉRALOGIE. — *Sur un nouveau groupe d'enclaves homœogènes des roches volcaniques, les microtinites des andésites et des téphrites*. Note de M. **A. Lacroix**, présentée par M. F. Fouqué.

« Les *enclaves homœogènes* des roches volcaniques doivent être divisées en deux catégories : l'une comprend celles qui possèdent sensiblement la

---

(¹) *Recherches sur la structure et le gisement du minerai de fer pisolithique de diverses provenances françaises et étrangères* (*Bull. Soc. sc. Nancy*, 1894).

même composition que la roche englobante, l'autre est constituée par les types pétrographiques plus basiques que celle-ci. Les premières (je les appelle *enclaves homœogènes complètes*) peuvent être considérées comme le résultat de la consolidation intratellurique du magma lui-même dont elles représentent les formes profondes et filoniennes, alors que les autres se sont produites par segrégration.

» Les enclaves complètes sont strictement caractéristiques d'un magma déterminé, tandis que les segrégations de roches volcaniques différentes (andésites, basaltes, téphrites, leucotéphrites, néphélinites, etc.) convergent vers des types pétrographiques, tels que des nodules à hornblende, à augite, etc., dans lesquels la caractéristique individuelle de la roche volcanique s'atténue ou même disparaît presque complètement.

» Les plus remarquables et en même temps les plus spécialisées des enclaves complètes sont celles des roches volcaniques à feldspaths alcalins et pauvres en éléments ferrugineux. Essentiellement formées par de l'orthose ou de l'anorthose vitreuses (sanidine), elles constituent les *sanidinites* à biotite des trachytes à biotite, à œgyrine des trachytes à œgyrine, à sodalite et néphéline des phonolites, etc.

» Je me propose, dans cette Note, de décrire des types nouveaux qui jouent, dans le groupe des andésites et des téphrites, le même rôle que celui des sanidinites parmi les roches à feldspaths alcalins. Je les désigne sous le nom général de *microtinites* pour rappeler qu'elles sont essentiellement constituées par des plagioclases à faciès vitreux (microtine de M. Tschermak); leurs caractères extérieurs ne les différencient pas au premier abord des sanidinites.

» *Microtinites des andésites à hypersthène de Santorin* (¹). — D'une façon générale, les enclaves de tous genres sont surtout abondantes dans les régions volcaniques, riches en produits de projection; à ce point de vue, les parties anciennes de l'archipel de Santorin sont particulièrement favorables à la recherche que j'ai entreprise. J'ai trouvé des blocs de microtinite partout où existe le tuf ponceux de la grande explosion qui a donné à Théra son aspect actuel, mais elles abondent surtout dans quelques

---

(¹) Ces microtinites ne doivent pas être confondues avec des blocs à plus gros éléments, constitués par des plagioclases, du quartz, de l'augite en partie ouralitisée, de l'épidote, du sphène et du rutile, qui ont été décrits par M. Fouqué et plus récemment par moi-même; ce sont des débris de roches anciennes (gabbros), accompagnés de granite porphyroïde. De même que dans toutes les régions à grandes explosions, on trouve donc à Santorin, associées, des enclaves homœogènes et enallogènes qui ont parfois une composition voisine, bien que leur origine soit tout à fait différente.

localités (Megalo-Vouno, Kokkino-Vouno, Merovigli, Phira, Messaria, Pyrgos, Megalo-Chorio, etc.). Elles constituent des blocs de toute taille, atteignant parfois presque un mètre cube; elles sont saccharoïdes, blanches, parfois roses, généralement à éléments fins. Leurs cavités microlitiques sont souvent hérissées de cristaux nets de plagioclases, d'hypersthène, de quartz, etc.

» L'examen microscopique montre que ces microtinites sont essentiellement constituées par des plagioclases très zonés (labrador-bytownite à l'oligoclase, avec l'andésine comme type moyen), automorphes, associés à des cristaux allongés d'hypersthène, d'augite, de hornblende, de mica; l'ordre de succession est variable, les éléments blancs enveloppent généralement les minéraux colorés, mais sont parfois moulés par eux (ophitisme).

» Dans les types les moins complexes, les vides microlitiques sont en partie remplis par de la tridymite, mais dans beaucoup de cas les contours rectilignes des feldspaths sont bordés par de la micropegmatite dont le feldspath est de l'oligoclase ([1]) et plus rarement de la sanidine. Parfois le quartz existe seul, jouant le même rôle que la tridymite.

» Le quartz et la micropegmatite ne semblent pas s'être produits par le même mécanisme que les autres éléments; ils sont le résultat d'une action de fumerolle qui s'est exercée aux dépens d'un résidu vitreux, mais en tout cas antérieurement à l'explosion qni a amené au jour les produits qui nous occupent.

» La structure semi-cristalline que devaient avoir ces roches avant la production de ces éléments d'*origine secondaire immédiate* est, à mes yeux, celle des nodules très feldspathiques ([2]) de la lave de 1866, qui sont constitués par des plagioclases (andésine et labrador), de l'hypersthène, de l'augite, dont les interstices sont remplis par du verre. Que l'on imagine celui-ci remplacé par du quartz et de la micropegmatite, on obtient alors mes microtinites les plus complexes. Dans de nombreux cas, de semblables transformations secondaires de matière vitreuse ont été observées sur le bord des lithophyses de roches volcaniques.

» *Microtinites à noséane des téphrites du Mont-Dore.* — J'ai recueilli beaucoup d'enclaves homœogènes dans les roches du Mont-Dore, que M. Michel-Lévy a décrites sous le nom de *téphrites andésitiques* (andésites à haüyne); le type segrégation y domine, mais il existe aussi, entre le roc Blanc et le lac Guéry, des microtinites blanches à grands éléments. L'examen microscopique y montre les minéraux automorphes suivants : apatite, magnétite, sphène, biotite, hornblende, augite verte, noséane (avec un peu de sodalite), plagioclases zonés (variant comme les précédents

---

([1]) Ce feldspath n'est pas maclé, mais, dans des cas nombreux, il est identique au feldspath automorphe contigu dont la détermination peut se faire facilement par les procédés optiques; j'ai déterminé plusieurs fois directement sur la pegmatite elle-même les extinctions $Sn_p = 70°$ des sections normales à n_p.

([2]) Les andésites à hornblende de la pointe d'Acrotiri renferment en abondance des enclaves semi-cristallines de même structure, mais dans lesquelles l'augite et l'hypersthène sont remplacées par de la hornblende brune, ophitique par rapport aux feldspaths. J'ai trouvé le même type dans les dacites de l'île de Milo.

de labrador-bytownite à l'oligoclase, avec l'andésine comme type moyen), englobés dans de très grandes plages d'orthose vitreuse à axes très rapprochés. La structure de ces microtinites rappelle d'une façon frappante celle des *monzonites*, dont elles diffèrent, au point de vue minéralogique, par la présence de la noséane; il n'est pas étonnant de voir apparaître dans ces microtinites l'orthose, puisque les analyses des téphrites de cette région y décèlent toujours une teneur élevée en potasse, qui se manifeste parfois par l'existence de grands cristaux d'orthose associés au labrador.

» En résumé, on voit que les andésites et les téphrites acides renferment des enclaves homœogènes tout à fait homologues des sanidinites des trachytes et des phonolites. Comme celles-ci, elles contiennent l'élément caractéristique des roches volcaniques qui les ont amenées au jour et dont elles représentent l'une des formes holocristallines et grenues (hypersthène à Santorin, noséane au Mont-Dore).

» A un point de vue plus général, les microtinites de Santorin mettent sur la voie d'un mode possible de formation du quartz dans les roches de profondeur. »

MÉTÉOROLOGIE. — *Phénomènes d'optique atmosphérique observés au Pic du Midi et à Bagnères.* Note de M. **Em. Marchand**, présentée par M. Mascart.

« Du 11 au 22 janvier dernier, on a aperçu, à Bagnères-de-Bigorre et au Pic du Midi, d'intéressants phénomènes d'optique atmosphérique; le 11, en particulier, on a observé, dessiné et, autant que possible, *mesuré* des halos, cercles parhéliques, parhélies, anthélie, paranthélies, cercles tangents, etc.

» Je résume ici ces observations qui seront publiées, avec tous leurs détails, dans le *Bulletin de la Société Ramond*.

» Le 11 janvier, de $11^h 30^m$ environ à $13^h 45^m$, le ciel était entièrement couvert (à Bagnères et au Pic du Midi) d'un *cirro-stratus* très léger, d'une structure très uniforme; ce nuage paraissait formé de filaments orientés presque exactement du Nord au Sud; il se transportait assez rapidement de N$\frac{1}{4}$NE à S$\frac{1}{4}$SW; son étendue était immense, et il était à peine troué de quelques lacunes laissant voir le bleu du ciel. Il a donné naissance à une série de phénomènes lumineux que j'ai observés à Bagnères, de $11^h 45^m$ à $13^h 45^m$, tandis que l'un de mes collaborateurs, M. Ginet, les observait au sommet du Pic du Midi.

» J'énumère ci-après les phénomènes *simultanément visibles* à Bagnères,

et, pour ne pas allonger inutilement cette Note, j'indique, pour chacun d'eux, la page du *Traité d'Optique* de M. Mascart (Tome III), où l'on en trouve la description générale et la théorie.

» 1° *Halo ordinaire* de 22° (*Traité cité*, p. 482 et suiv.).

» 2° *Courbe tangente ou sommet de ce halo,* avec points d'inflexion et branches latérales *retombant* de chaque côté de celui-ci (p. 496 et suiv.).

» 3° *Arc irisé* prolongeant la partie supérieure de la courbe précédente, de manière à former deux branches (convexes vers le Soleil) à peu près symétriques des deux arcs *retombants* de cette courbe par rapport à la tangente au sommet du halo. Cet arc me paraît se rattacher à ceux dont la théorie est donnée à la page 512; il n'était peut-être pas rigoureusement tangent au halo, car il y avait, au sommet de celui-ci, une zone assez large de lumière blanche ou jaunâtre, due probablement à la superposition imparfaite de cet arc et de la courbe tangente à points d'inflexion.

» 4° *Halo extraordinaire* de 46° de rayon; d'ailleurs très peu lumineux (p. 484).

» 5° *Arc circumzénithal tangent* au sommet de ce halo, fortement irisé (du rouge au violet), très brillant, et s'étendant environ sur un tiers de la circonférence. Si l'on remarque que la hauteur du Soleil, à midi, le 11 janvier, était à Bagnères d'environ 25°, on verra que ce cercle avait environ 19° de rayon et devait être, d'après la théorie, très sensiblement tangent au halo de 46° (p. 502 et suiv.).

» 6° *Cercle parhélique* horizontal blanc qui, à midi, faisait complètement le tour de l'horizon sans aucune interruption (p. 486).

» 7° *Anthélie blanc,* situé à l'opposé du Soleil, sur le cercle parhélique (p. 490); assez brillant et sensiblement plus large que le cercle.

» 8° *Paranthélies blancs*, situés sur le même cercle, de chaque côté et à 60° de l'anthélie (p. 492).

» 9° *Arcs obliques blancs,* un peu diffus, partant du voisinage de l'anthélie, s'étendant de chaque côté de celui-ci, avec une intensité décroissante, sur une distance de 50° à 60°, et faisant avec le cercle parhélique horizontal des angles *voisins de* 30° (évaluation assez grossière). Ces arcs ne sont pas ceux qu'on voit ordinairement et qui font des angles de 30° *avec la verticale* (p. 517), mais ils semblent se rattacher, comme ceux-ci, à l'existence de lamelles de glace hexagonales, *striées,* et convenablement orientées. Ils n'ont été d'ailleurs visibles que vers midi; à 13^h, ils avaient disparu.

» 10° *Parhélies irisés voisins du halo de* 22° situés à 2° environ à l'extérieur de celui-ci, sur le cercle parhélique. Ils étaient très brillants, fortement irisés (rouge du côté du Soleil) et avaient l'aspect de deux fragments *très courts* (1° à 2°) d'un cercle irisé concentrique au halo, prolongés, à l'opposé du Soleil, par une *queue* blanche, de largeur et d'éclat décroissants, superposée au cercle parhélique horizontal.

» 11° Enfin, autour du Soleil, depuis cet astre jusqu'à une distance de 6° à 8°, *couronne de lumière* bleuâtre au centre, puis blanchâtre et jaunâtre vers les bords, et d'intensité décroissante, à laquelle le cercle parhélique horizontal venait se fondre de chaque côté. Je n'ai aperçu, au delà de la teinte jaunâtre, aucune autre couleur; si l'on considère cependant cette couronne comme un phénomène de diffraction (produit par la forme et la distribution *régulières* des aiguilles de glace dans le cirro-

stratus décrit ci-dessus), l'on trouve, d'après la Table donnée à la page 526 du Traité cité, que le diamètre de ces aiguilles était d'environ 3$^{\mu}$.

» Au Pic du Midi, M. Ginet a observé à peu près les mêmes phénomènes; cependant le dessin fait par lui à 13^{h} montre qu'à ce moment *les parhélies irisés voisins du halo de* 46° étaient visibles au Pic du Midi, en même temps que ceux de 22°; tandis que je n'ai pu les apercevoir à aucun moment de mes propres observations.

» Dans la soirée du 11, le ciel avait repris, vers 18^{h}, un aspect analogue à celui décrit précédemment. Le halo ordinaire de 22°, intense et sensiblement irisé, s'est montré autour de la Lune; mais je n'ai pu voir aucun des autres phénomènes ci-dessus énumérés.

» Le 21, à 9^{h}, le ciel étant partiellement couvert de cirrus de formes *très variées* (filaments, fuseaux, bandes, arêtes de poisson, réseaux, etc., enchevêtrés), j'ai observé un halo de 22° assez brillant, mais d'une forme *très irrégulière* dénotant des variations de 2° à 3° dans la valeur du minimum de déviation, et, par conséquent, des variations d'environ 5° dans celle des angles dièdres (voisins de 60°) des aiguilles de glace à travers lesquelles se produisait le phénomène (p. 510). »

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Nouvelles observations sur le* vent relatif *en ballon.* Note de M. G. **Hermite**.

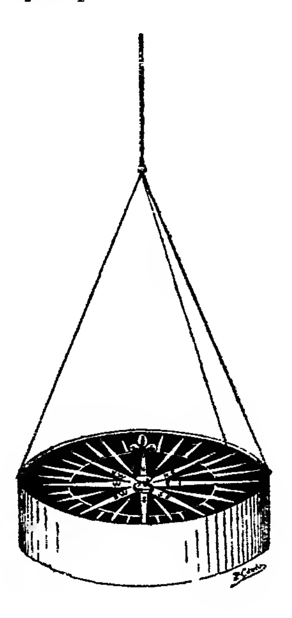
« Je me décide à communiquer à l'Académie les premiers résultats obtenus avec un appareil destiné à l'étude du *vent relatif* en ballon et que nous avons emporté, M. Farman et moi, dans l'ascension de longue durée du 16-17 septembre 1899, et dont j'ai eu l'honneur de donner un compte rendu sommaire dans la séance du 2 octobre 1899.

» J'ai appelé ce nouvel appareil *indicateur de direction*, en raison des services qu'il peut rendre à l'aéronaute égaré dans l'atmosphère, en lui permettant de connaître, même au milieu des nuages les plus épais, la direction que suit son aérostat.

» L'instrument se compose essentiellement, ainsi qu'on peut le voir sur la figure, d'une rose aimantée semblable à celle des compas de marine et mobile sur une pointe verticale fixée au centre d'une boîte circulaire vitrée.

» La suspension métallique à la Cardan est remplacée par deux forts fils de chanvre attachés aux extrémités diamétralement opposées du couvercle vitré de la boîte et réunis, à 0^{m},50 au-dessus du centre de la rose aimantée, en un filin unique que l'on suspend en un point fixe quelconque.

» Enfin, au point de réunion des deux fils de chanvre est attaché un pendule extrêmement léger constitué par un fil de soie câblé terminé à sa partie inférieure par une fine pointe de cuivre qui vient presque toucher le couvercle vitré de la boîte.



» On conçoit que, l'appareil étant ainsi disposé, s'il n'est soumis à aucun déplacement d'air horizontal, la pointe de cuivre du pendule coïncidera avec l'axe de suspension de la boussole, mais au moindre souffle d'air le pendule déviera et, en raison de la faiblesse extrême de son inertie, la pointe de cuivre se placera sur un des rhumbs de la boussole et indiquera instantanément ainsi toutes les variations d'azimut du vent.

» Dans l'ascension du 16-17 septembre 1899, le pendule ne pesait que $0^{gr},1$. Sa sensibilité était telle que, dans mon laboratoire, un déplacement d'air inappréciable aux sens le faisait dévier d'une façon considérable.

» L'appareil a été disposé au niveau du rebord supérieur de la nacelle, mais à 2^m environ de distance horizontale, en utilisant l'aérostat lui-même comme point fixe de suspension. Par ce procédé, l'appareil a été non seulement mis à l'abri des secousses produites par les mouvements des aéronautes, mais en éloignant ainsi suffisamment la boussole des masses de fer perturbatrices, on a pu supprimer les moyens employés dans la marine à cet effet.

» L'instrument fut mis en fonction dès le départ, mais à cause de la nuit et de la faible portée de notre lampe électrique, les observations ont été assez difficiles. Cependant, je pus constater déjà que le pendule était en oscillations perpétuelles *dans un*

plan vertical sensiblement parallèle à la marche de l'aérostat, c'est-à-dire du nord-ouest au sud-est.

» Mais, dès le matin, les observations purent être plus précises. Nous étions emportés alors en plein sud au sein d'un mistral dont la vitesse allait toujours en croissant. Nous ne sentions point le vent relatif; mais, avec mon indicateur de direction, nous pûmes constater la continuité absolue de ce phénomène : le pendule oscillait du nord au sud avec quelques légères déviations brusques à droite et à gauche du plan moyen de balancement, plan qui coïncidait exactement avec la direction suivie par le ballon. Pendant notre long séjour dans les nuages, avant d'apercevoir le mont Blanc, que nous utilisâmes comme repère, nous avons employé cet appareil pour reconnaître notre direction.

» Ainsi, en se servant du vent relatif, qui est une conséquence de la grande inertie de l'aérostat et de la constitution interne du vent, et dont la constance ne pouvait être révélée qu'à l'aide d'un appareil suffisamment sensible, il paraît possible d'établir pour les aéronautes une sorte de ligne de foi qui leur servira de guide en les avertissant d'une direction dangereuse, et en leur permettant de refaire l'histoire complète de leur trajectoire. L'indicateur de direction est donc une sorte de compas aéronautique. Ces observations sur le vent relatif (en ballon) confirment pleinement les observations qui ont été faites à terre par divers savants, et notamment à la tour Eiffel, sur la constitution interne du vent. »

PHYSIQUE. — *Sur la production de rayons X secondaires par le corps humain et sur un point important de la technique radiographique* (1). Note de M. **Th. Guilloz**, présentée par M. d'Arsonval.

« On sait qu'il est assez difficile d'obtenir, avec un bon contraste, des radiographies de régions très épaisses. Ces clichés, même les meilleurs, apparaissent toujours au développement comme plus ou moins voilés. Ceci ne peut pas s'expliquer par l'absorption pure et simple des rayons. On a voulu que la cause du voile soit une diffusion des rayons X par l'air, mais cette diffusion est infime et, dans les applications médico-chirurgicales de ces rayons, elle ne peut guère compter comme cause de voile.

» Le voile tient à la diffusion des rayons par les supports, appareils de contention, murs de la pièce, tissus, *corps du sujet radiographié* et quelque-

(1) Travail du laboratoire d'Électrothérapie de la Faculté de Médecine de Nancy.

fois aussi par le corps de l'opérateur lui-même. L'interprétation de l'expérience suivante conduit, en effet, naturellement à cette conclusion.

» J'ai disposé un tube Chabaud au-dessus d'une grande plaque de plomb de 1^{mq} de surface et de 2^{mm} d'épaisseur. Cette plaque était percée d'une ouverture rectangulaire de 4^{cm} sur 10^{cm}, laissant passer librement un faisceau de rayons X. Afin d'avoir une région de l'espace bien à l'abri des rayons qui traversent la lame de plomb, j'ai placé sur celle-ci une plaque de tôle d'acier de 15^{mm} d'épaisseur, ayant un de ses côtés coïncidant avec un des bords de l'ouverture laissant passer les rayons. Dans la région de l'espace située au-dessous de cette plaque et ainsi soustraite à l'action des rayons X directement envoyés par la source, on place l'écran fluorescent au platinocyanure de baryum et l'on vérifie qu'il est impossible d'obtenir une silhouette de la main ou d'un objet métallique placé contre l'écran. Si un aide couvre alors de sa main l'ouverture par où s'échappe le faisceau de rayons ou encore s'il place sa main ou un objet quelconque dans le faisceau de ces rayons, la silhouette des objets apparaît. Il suffit donc de placer la main, un morceau de tissu, de bois, un léger mouchoir, une feuille de papier même, sur le trajet des rayons, et dans une région de l'espace qui puisse être vue de la position occupée par l'écran, pour illuminer ce dernier et cela quelle que soit la position que l'on donne à l'objet. Il se produit donc, non seulement à la surface, mais dans toute l'épaisseur des corps, des rayons X secondaires, analogues à ceux dont M. Sagnac a étudié la formation et la diffusion par la surface des métaux.

» Cette formation est loin d'être négligeable dans la pratique radiographique, et les photographies que j'ai l'honneur de présenter à l'Académie ont été obtenues en deux minutes de pose, sous l'action des rayons diffusés par le corps humain.

» Ces clichés ont été pris en plaçant, dans la position où était précédemment situé l'écran fluorescent, une plaque photographique entourée de papier noir, et dont une moitié était de plus entourée d'une feuille d'étain (2^{mm} d'épaisseur). Une pose de deux minutes a été faite en plaçant devant la moitié de la plaque, non recouverte de métal, un porte-monnaie dans un cas, dans un autre les deux doigts de la main maintenant une rondelle de métal, et cela après avoir pris soin d'éloigner tous les objets placés dans le faisceau de rayons X. Puis on a déplacé la feuille d'étain pour qu'elle abrite la portion de la plaque sur laquelle avait eu lieu la pose précédente, et l'on a renouvelé comme précédemment une pose de deux minutes, pendant qu'un aide couvrait de sa main l'ouverture laissant passage aux rayons.

» Ces clichés montrent, sur la moitié de la plaque correspondant à la première pose, une image *à peine visible* des objets, due très probablement à la diffusion des rayons sur le sol. Sur l'autre moitié de la plaque, ils présentent au contraire une image vigoureuse, donnée par les rayons émis par la main placée dans le trajet des rayons X. Cette image est diffuse, parce que la source des rayons représente un assez grand volume.

» Ainsi le radiographe, au moment de la prise de la photographie, doit considérer tous les objets environnants comme fluorescents de radiations invisibles qui impressionnent diffusément la plaque et tendent à voiler l'image qu'il veut obtenir.

» Dans la radiographie d'une région peu épaisse, ces rayons secondaires ne seront pas très nuisibles, car leur action sur la plaque sera plus lente que celle des rayons X transmis directement par les tissus pour fournir la silhouette osseuse. Il n'en est plus de même dans le cas des radiographies de bassin chez les adultes volumineux : le lit sur lequel repose le sujet, les coussins, etc., peuvent envoyer directement sur la plaque des rayons secondaires qui, n'étant pas absorbés par le corps du sujet, auront sur la plaque photographique une action de même ordre que celle des rayons X traversant les chairs.

» On a proposé, lorsqu'on croyait que le voile était dû à la diffusion des rayons X par l'air, un tronc de cône métallique partant du tube par sa petite base et arrivant jusqu'au sujet. L'action de cet appareil est néfaste, car s'il protège la plaque des rayons secondaires émis par les objets environnant le sujet, il donne lui-même une grande surface de production de rayons secondaires.

» Un procédé préférable consiste à encadrer le sujet dans une lame de plomb qui suit exactement ses contours.

» On doit, en tous cas, réduire autant que possible l'appareillage de la fluoroscopie et de la radiographie, afin d'éviter la formation de rayons secondaires. Pour supprimer les rayons diffusés par les parois du tube, on maintiendra au-devant de lui un diaphragme métallique épais. Dans ces conditions, la tranche de l'ouverture du diaphragme seule envoie des rayons secondaires qui sont peu nuisibles, vu leur direction. Il convient, pour avoir un champ suffisant, de donner au tube une forme de cylindre assez étroit et allongé.

» Une diffusion impossible à éviter est celle des tissus du sujet à radiographier; on l'atténuera, toutefois, au moyen de diaphragmes métalliques épais qui n'admettront que le champ des rayons nécessaire à former la silhouette radiographique désirée. »

PHYSIOLOGIE. — *Des mouvements de l'air expiré pendant la formation des sons du langage.* Note de M. E. Gellé, présentée par M. d'Arsonval.

« A. *Dispositif.* — Dans une première série d'expériences, je me suis servi d'un tube en V verticalement maintenu sur un socle solide, dont les branches mesurent $0^m,35$, et qui contient une colonne liquide dont le niveau correspond au zéro d'une échelle graduée sur l'une des branches; l'extrémité de l'autre, terminée par un tube de caoutchouc, d'égal calibre ($0^m,01$), se place en face de la bouche, pour recueillir l'air expiré pendant la phonation.

» On s'assure d'abord de la sensibilité de l'appareil sous l'influence de la respiration calme. Puis on observe l'action des voyelles.

» D'abord on émet A très énergique; *é, i, o, u, ou, e* ensuite. Le niveau du liquide oscille à peine avec A, mais de plus en plus avec les suivantes; avec *o, u, ou,* la montée est très accusée ($0^m,01$).

» Ainsi les voyelles sourdes donnent lieu à la plus grande dépense d'air expiré.

» 2° Voyons les consonnes :

» *a. Les consonnes explosives,* P, T, K, causent une ascension de niveau brusque plus forte avec P et graduellement plus forte de A à *ou,* qui est extrême.

» *b. Les consonnes douces* ont des effets variés : *l, m, n, b, d, g* (*gue*) causent peu de déplacement du niveau; et ajoutent plus à celui que donne la voyelle associée si on les fait explosives. Mais *f, v, ch, s, x,* provoquent de très fortes ascensions; *r,* si vibrante, a peu d'effet sur le niveau, malgré l'intensité qu'elle donne.

» *c. Les consonnes associées* font varier ces résultats; ainsi *pla* fait plus que *la* et que *a; fla, flo, flu,* beaucoup plus aussi; *phta, spa,* etc., agissent par l'arrêt du souffle *f* ou *s*, et par la détente subite *pa* ou *ta*, explosive. *Cra, pra* font beaucoup moins, mais allongent la sensation, comme *bla, ble,* etc.; *ep, ip, oup,* etc., soulèvent fortement le niveau; les *e* également. R à part, les consonnes dépensent une grande quantité d'air pulmonaire.

» 3° On sait que pour les *sons soutenus ou filés,* on ménage le souffle et que l'art du chanteur consiste à mesurer et à graduer ses respirations; c'est classique. Or, pendant les sons filés, l'immobilité du niveau est absolue.

» Il y a au début un peu d'ascension, et la fixité ensuite pendant toute la durée du son. Il se fait donc alors une faible dépense d'air; aussi existe-t-il à ce point de vue une extrême différence entre le chant et la parole articulée.

» B. J'ai étudié les mouvements de l'air expiré pendant la phonation dans la cavité buccale.

» 1° Pour cela, j'introduis l'extrémité du tube de caoutchouc de l'appareil dans la bouche pendant la production de A. Si je le place derrière les lèvres, le niveau oscille comme tout à l'heure, quand le tube était en dehors.

» Mais si je le porte aussi profondément que possible, auprès de l'isthme, on est très surpris d'observer l'immobilité complète du niveau ; il en est de même pour toutes les voyelles en ce cas.

» Cette immobilité curieuse n'indique pas nécessairement que la couche d'air intra-buccale profonde soit immobile, mais seulement qu'il n'existe pas en ce point de courant sortant; celui-ci n'est manifeste qu'auprès des lèvres.

» 2° Pour savoir si cette couche d'air *isthmique* n'était pas animée de mouvements quelconques, j'ai pris le dispositif suivant :

» *Expérience.* — Une petite rondelle de papier mince, rigide, de $0^m,01$ de diamètre, est embrochée par une tige d'acier cylindrique et polie, sur laquelle elle glisse au moindre souffle; on la dispose à l'extrémité de la tige tenue à la main. La bouche est ouverte comme pour dire A; et la respiration retenue pour le lancer énergiquement. Alors on introduit vivement la rondelle au fond de la cavité, aussi près que possible de l'isthme de la gorge, et l'on crie A fort.

» Dans cette situation, proche de l'isthme, on constate, avec un éclairage suffisant et un miroir, qu'au moment de l'émission la rondelle de papier, emportée par un violent courant rétrograde, se trouve jetée au fond du pharynx, hors de la tige, d'une façon instantanée, et d'autant plus sûrement que le son est dit plus intense.

» Une sensation désagréable avertit du contact de la rondelle avec la gorge.

» Si l'on porte la rondelle dans les deux tiers antérieurs de la cavité buccale, le déplacement inverse se produit, la rondelle glisse au dehors, sur sa tige, pendant l'émission de A.

» La lettre A ouvre la bouche et permet cette observation *de visu;* avec les autres voyelles, l'inspection est presque impossible, mais on peut admettre que la couche d'air proche de l'isthme est pour toutes agitée de même par des courants contraires, l'un sortant, qui se manifeste au niveau de la bouche, l'autre rentrant, sensible expérimentalement au niveau de la base de la langue et de l'isthme : tous deux très énergiques.

» La colonne d'air intra-buccale n'est donc pas inerte, et la cavité buccale n'a pas le rôle de résonateur qu'on lui a attribué. C'est l'air lui-même qui par ses alternatives de condensations et de dilatations, nées de la lutte entre les courants, produit les sous-voyelles avec le son laryngé. »

ACOUSTIQUE. — *Sur le mécanisme de l'audition des sons et sur quelques phénomènes connexes.* Note de M. **Firmin Larroque**, présentée par M. A. Cornu.

« Je me sers, pour mesurer comparativement les intensités des impressions produites par des sons isolés ou simultanés (on sait qu'il n'existe pas

de procédé de mesure des intensités relatives de sons différents), d'un circuit téléphonique comprenant un transmetteur et un récepteur électromagnétiques, ce dernier à noyau de fer pulvérulent contenu dans un tube de verre. On réduit ce récepteur au silence en faisant varier le poids de limaille.

» Rarement, dans les combinaisons harmoniques même compliquées, deux sons cessent simultanément d'être perçus : les intensités des impressions sonores concertantes sont très diverses.

» Le rapport d'extinction d'une impression sonore par une autre plus intense varie selon les combinaisons harmoniques et instrumentales. A distance des instruments, l'oreille cesse de pouvoir isoler les harmoniques constituants du timbre et les sons résultants lorsque le rapport des impressions sonores correspondant à ces sons et aux sons fondamentaux et générateurs descend à $\frac{1}{3}$. Ceci explique la tolérance de notre sens auditif pour des coïncidences en apparence cacophoniques.

» Il était intéressant de savoir jusqu'à quel point les impressions purement sonores ou musicales sont susceptibles d'influer sur la circulation cardiaque. J'ai constaté : 1° que la vibration, productrice *ou non productrice* de son, donne dans les premiers temps plus d'ampleur à la pulsation artérielle; 2° qu'une sensation musicale imprévue peut précipiter momentanément le rythme cardiaque; 3° que, sans le concours du drame ou de circonstances particulières de nature à provoquer une intense émotion, l'impression musicale ne provoque jamais de ralentissement du rythme cardiaque.

» En résumé, les lois fondamentales de la musique, de la perception et de la sensation musicales, ne sont autres que celles de la *synchronisation des oscillants*. »

M. F. Larroque adresse une courte Note « Sur un granite pyrénéen ».

En réduisant en poudre un granite provenant de Néouvielle, l'auteur déclare y avoir reconnu, soit par l'examen microscopique, soit par l'étude chimique, la présence d'octaèdres incolores de diamant, avec des paillettes de graphite.

Cette Note sera soumise à l'examen de MM. Moissan et Michel-Lévy.

M. Voigt, de Göttingen, adresse une lettre dans laquelle il fait remarquer

que la relation indiquée par M. *Moreau*, dans les *Comptes rendus* du 15 janvier dernier, se trouve dans un Mémoire qu'il a publié dans les *Nachrichten d. K. Gesellschaft d. Wiss. zu Göttingen*, en avril 1898, et qui contient une théorie plus générale du phénomène.

A 5 heures, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 5 heures et demie.

M. B.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans la séance du 22 janvier 1900.

(*Suite.*)

Sulle figure complete determinate da un numero qualunque di punti o da un numero qualunque di tangenti di una conica e sulle loro correlative nello spazio, Nota del prof. Stanislao Vecchi. Parma, 1899; 1 fasc. gr. in-8°. (Hommage de l'Auteur.)

Saggio di un disegno polarimetrico, Nota del prof. Stanislao Vecchi. Parma, 1899; 1 fasc. gr. in-8°. (Hommage de l'Auteur.)

Divisibilita pei numeri primi e non primi, per Giuseppe Martinelli; Dispensa 1a. Napoli, 1899; 1 fasc. in-8°. (Hommage de l'Auteur.)

Annuaire de l'Observatoire royal de Belgique, 1900, 67e année. Bruxelles, Hayez, 1900; 1 vol. in-18.

Mémoires et Comptes rendus de la Société royale du Canada; 2e série, t. IV, séance de mai 1898. Ottawa, 1898 : 1 vol. in-8°.

The journal of the Franklin Institute devoted to science and the mechanic arts. Vol. CXLIX, n° 1, Jan. 1900. Philadelphia; 1 fasc. in-8°.

The astronomical Journal, founded by B.-A. Gould. N° 474, vol. XX, January 1900. Boston; 1 fasc. in-4°.

Observatoire magnétique et météorologique de Zi-Ka-Wei (Chine), fondé et dirigé par les missionnaires de la Compagnie de Jésus. *Bulletin mensuel.* Année 1897, 1er trimestre. Chang-Hai, 1899; 1 fasc. gr. in-4°.

Publicationen des Astrophysikalischen Observatoriums zu Potsdam,

herausgeg. v. Director H.-C. VOGEL. *Photographische Himmelskarte*. Bd. I. Potsdam, 1899; 1 vol. in-4°.

Publicationen für die internationale Erdmessung. Die astronomisch-geodätischen Arbeiten des k. und k. militär-geographischen Institutes in Wien. XVI Band. *Astronomische Arbeiten.* Wien, 1899; 1 vol. in-4°.

Onderzoekingen gedaan in het physiologisch laboratorium der Utrechtsche Hoogeschool. Uitgegeven door C.-A. PEKELHARING en H. ZWAARDEMAKER, vijfde reeks 1, 2. Utrecht, 1899; 1 fasc. in-8°.

Atti della R. Accademia dei Lincei. Serie quinta. *Memorie della Classe di Scienze fisiche, matematische e naturali.* Vol. I, II. Roma, 1895-1898; 2 vol. in-4°.

Societa reale di Napoli. Atti della reale Accademia delle Science fisiche e matematiche; serie seconda, vol. IX. Napoli, 1899; 1 vol. in-4°.

Biblioteca nazionale centrale di Firenze. Bolettino delle pubblicazioni italiane ricevute per diritto di stampa. N° 337, 1900, 15 gennaio. Firenze-Milano; 1 fasc. in-8°.

OUVRAGES REÇUS DANS LA SÉANCE DU 29 JANVIER 1900.

Cahiers du Service géographique de l'Armée. N° 10 : *Matériaux d'étude topologique pour l'Algérie et la Tunisie* (première série). Paris, imprimerie du Service géographique de l'Armée, 1900; 1 vol. in-8°. (Présenté par M. le général Bassot.)

Revue scientifique du Bourbonnais et du centre de la France, publiée sous la direction de M. E. OLIVIER. 12e année. 1899. Moulins, Étienne Auclaire, 1899; 1 vol. in-8°. (Hommage de l'Auteur.)

Mémoires et Comptes rendus de l'Académie de Cracovie. (Section de Mathématiques et de Physique.) Série II, t. XIII. Cracovie, Nakladem akademii umiejetnosci, 1898; 1 vol. in-4°.

Transactions of the american Society of mechanical engineers. Vol. XX, 1899. New York city; published by the Society, 1899; 1 vol. in-8°.

Report of the Commissioner of education, for the year 1897-1898. Vol. I. Washington, Government printing office, 1899; 1 vol. in-8°.

OUVRAGES REÇUS DANS LA SÉANCE DU 5 FÉVRIER 1900.

Description des machines et procédés pour lesquels des brevets d'invention ont été pris sous le régime de la loi du 5 juillet 1844, publiée par les ordres

de M. le Ministre du Commerce et de l'Industrie. Tome XCIII, 1re et 2e partie. Paris, Imprimerie nationale, 1900; 2 vol. in-8°.

Le pâturage en forêt, par ALPH. MATHEY, Inspecteur adjoint des Eaux et Forêts. Besançon, Paul Jacquin, 1900; 1 vol. in-8°. (Hommage de l'Auteur).

Archives des Sciences physiques et naturelles. Tome IX, n° 1, janvier 1900. Paris, Masson et Cie, 1900; 1 fasc. in-8°.

Annales de l'Institut Pasteur, publiées par M. DUCLAUX. Tome XIV, n° 1, janvier 1900; 1 fasc. in-8°.

Annales agronomiques, publiées sous les auspices de M. le Ministre de l'Agriculture, par M. DEHÉRAIN. Tome XXVI, n° 1, janvier 1900. Paris, Masson et Cie, 1900; 1 fasc. in-8°.

Nouvelles Annales de Mathématiques, par MM. C.-A. LAISANT et X. ANTOMARI. Tome XIX, janvier 1900. Paris, Gauthier-Villars, 1900; 1 fasc. in-8°.

L'Électrochimie, revue mensuelle des Sciences et de l'Industrie. Directeur : ADOLPHE MINET. Sixième année, n° 1, janvier 1900; 1 fasc. in-4°.

L'Enseignement mathématique. Directeurs : MM. C.-A. LAISANT et H. FEHR. 2e année, n° 1, janvier 1900. Paris, Carré et C. Naud; 1 fasc. in-8°.

Société internationale des Électriciens : Annuaire pour 1900. Paris, Gauthier-Villars, 1900; 1 fasc. in-4°.

Journal de la Société contre l'abus du tabac. 24e année, n° 1, janvier 1900. Nevers, L. Gourdet; 1 fasc. in-8°.

Bibliographie des Sciences et de l'Industrie. 2e année, n° 15, janvier 1900. Paris, Vve Ch. Dunod; 1 fasc. in-4°.

Historia de la Dominacion española en el Uruguay, par FRANCISCO BAUZA. Tomes I, II, III. Montevideo, A. Barreiro y Ramos, 1895; 3 vol. in-8°.

Proceedings of the United States national Museum. Vol. XXI. Washington, Government printing office, 1899; 1 vol. in-8°.

Annuaire de l'Académie royale des Sciences, des Lettres et des Beaux-Arts de Belgique, 1900. Bruxelles, Hayez, 1900; 1 vol. in-8°.

Revue des questions scientifiques. Tome XVII, janvier 1900. Louvain, J. Thirion, 1900; 1 vol. in-8°.

Notice explicative de la Feuille XVI (2e éd.) *au* $\frac{1}{100000}$: *Carte géologique de la Suisse*, par E. RENEVIER et H. ICHARDT. Berne, Schmidt et Francke, 1899; 1 fasc. in-8°, avec une Carte.

Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft. N° 1, Januar 1900. Berlin, R. Friedländer und Sohn, 1900; 1 vol. in-8°.

Publications of the University of Pennsylvania : Contributions from the botanical laboratory. Vol. II, n° 1. Philadelphia, 1898, Ginn and C°; 1 vol. in-8°.

Archives du Musée Teyler. Série II, vol. VI, 4e partie. 1899. Leipzig, G.-E. Schulze, et Paris, Gauthier-Villars; 1 vol. in-8°.

Atti della reale Accademia dei Lincei. Vol. IX, fasc. I. Roma, 1900; 1 fasc. in-4°.

Annuario della R. Accademia dei Lincei, 1900. Roma; 1 vol. in-8°.

Index medicus novus. N° 1, 1900. Wien, L. Boudé und Sohn; 1 fasc. in-8°.

The Journal of the American chemical Society. Vol. XXII, n° 1, janvier 1900. Easton, Pa., The chemical publishing Company; 1 fasc. in-8°.

COMPTES RENDUS

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 12 FÉVRIER 1900,

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE LÉVY.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président**, en annonçant à l'Académie la mort de M. *Émile Blanchard,* s'exprime comme il suit :

« Mes chers Confrères,

» J'ai la douloureuse mission de vous annoncer la mort du doyen de la Section d'Anatomie et de Zoologie, Émile Blanchard.

» Depuis plusieurs semaines, vous ne le voyiez plus à cette place où il a bien rarement manqué depuis trente-huit années qu'il y a succédé à Geoffroy Saint-Hilaire.

» Son absence soudaine et persistante était trop significative pour ne pas être très inquiétante. Car ce n'est pas sa cécité, bien qu'elle fût devenue complète, qui eût pu le tenir éloigné de nos séances. Elles étaient, au con-

traire, sa joie et sa consolation. Chaque lundi, pendant qu'il pouvait venir s'asseoir parmi nous, il lui semblait que quelque chose lui était rendu de la douce lumière d'autrefois. Venir à l'Académie était, pour lui, marcher à l'étoile. Il n'y venait pas comme Tobie vieux et aveugle, appuyé au bras grêle de l'enfant. Il y venait soutenu par le bras vigoureux et la solide amitié de notre vaillant confrère l'amiral de Jonquières, et, une fois assis, il retrouvait toute la fougue que lui donnait son amour passionné de la Science et de l'Académie.

» Vous savez avec quelle facilité de parole et quelle juvénile ardeur il se mêlait à nos discussions. C'est qu'il a appartenu à cette pléiade formée par les jeunes d'un autre temps qui, aux côtés de Joseph Bertrand, ont, comme « les jeune France », si vigoureusement bataillé contre leurs aînés, les classiques, contre ceux-là même qu'ils aimaient et admiraient le plus, pour faire triompher la candidature si disputée de Foucault.

» Pour cet acte, tous et chacun ont droit à notre reconnaissance; car ils ont grandement honoré notre Compagnie en y faisant entrer cet enfant perdu de la Science qu'était Foucault, qui ne se piquait pas de classique et n'avait que du génie, un génie comparable à celui d'Huygens, tout au moins d'Huygens, inventeur de l'horloge.

» Cette belle génération se décime singulièrement. La mort d'Emile Blanchard nous la fait aimer et regretter davantage encore.

» Je lèverai la séance, en signe de deuil, immédiatement après le dépouillement de la Correspondance, et le vote pour l'élection d'un Correspondant annoncée pour ce jour. »

THERMOCHIMIE. — *Recherches sur la série urique;* par M. **Berthelot**.

« L'étude de la série urique a pris, dans ces dernières années, une figure nouvelle depuis les recherches de M. E. Fisher, qui a rattaché toute cette série à un noyau fondamental, la purine, et l'a reconstituée sur une base synthétique aussi riche qu'imprévue. De là, la nécessité de reprendre l'examen thermochimique de tous ces composés et d'y étendre les résultats si intéressants obtenus précédemment par M. Matignon. Pour être exhaustive, cette recherche exigerait la préparation des trente ou quarante nouveaux composés découverts par M. Fisher. Sans entreprendre une recherche aussi étendue, il m'a paru cependant possible d'établir un certain nombre

de relations essentielles, par l'étude de substances convenablement choisies. Tels sont : les nitriles glycollique et lactique, les dérivés de l'indol, et la xanthine, que nous avons examinés, M. André et moi, l'année dernière ([1]). Tels sont encore quatre composés bien définis : la 7-méthylpurine, les oxypurines 6 (hypoxanthine) et 8, et la 7-méthylhypoxanthine, composés que M. E. Fisher a eu l'extrême obligeance de faire préparer lui-même à mon intention.

» Ces divers composés permettent d'aborder deux problèmes thermochimiques importants, à savoir : les effets thermiques de l'addition de l'oxygène et ceux de la substitution méthylée dans la série urique. Donnons d'abord les faits que j'ai observés :

7 Méthylpurine : $C^6H^6Az^4 = 134$.

```
Az == CH
|     |
HC    C — Az — CH³
||    ||       \
||    ||        >CH
||    ||       //
Az —  C — Az
```

Analyse.

	Trouvé.	Calculé.
C..............	53,88	53,7
H..............	4,46	4,5
Az.............	41,65	41,8
	99,99	»

» Ce corps est d'une pureté remarquable, de même que tous ceux que m'a adressés M. Fisher.

» Trois combustions dans la bombe, faites sur des poids voisins de 1 gramme : $6122^{cal},5$; $6133^{cal},6$; $6122^{cal},1$. D'où

		Cal
Chaleur de combustion moléculaire :	à volume constant.........	820,88
» »	à pression constante.......	820,60
Chaleur de formation par les éléments........................		— 47,74

([1]) *Ann. de Chim. et de Phys.*, 7e série, t. XVII, p. 433.

HYPOXANTHINE OU 6-OXYPURINE : $C^5H^4Az^4O = 136$.

```
HAz — CO
 |     |
HC     C — AzH
||     ||      \
||     ||      // CH
Az  —  C — Az
```

Analyse.

	Trouvé.	Calculé.
C...............	44,0	44,1
H...............	3,0	2,94
Az..............	41,3	41,3

» Combustions dans la bombe pour 1 gramme : $4282^{cal},5$; $4299^{cal},6$.

		Cal
Chaleur de combustion moléculaire :	à volume constant.........	583,57
» »	à pression constante.......	582,69
Chaleur de formation par les éléments........................		+ 26,86

8-OXYPURINE = 136.

```
Az = CH
 |    |
HC    C — AzH
||    ||      \
||    ||       / CO.
Az — C — AzH
```

Analyse.

	Trouvé.	Calculé.
C...............	43,8	44,1
H...............	2,98	2,94
Az..............	41,4	41,3

» Combustions dans la bombe pour 1 gramme : $4355^{cal},6$; $4345^{cal},1$; $4368^{cal},7$.

		Cal
Chaleur de combustion moléculaire :	à volume constant........	592,47
»	à pression constante.......	591,59
Chaleur de formation par les éléments.......................		+ 17,96

» Les deux oxypurines isomères ont donc des chaleurs de formation

différant de $+ 8^{Cal},9$; ce qui répond à la différence de leur constitution. Mais, pour approfondir et généraliser cette relation, il faudrait pouvoir comparer d'autres dérivés uriques (ou puriques), présentant la même différence.

7-Méthylhypoxanthine : $C^6H^6Az^4O = 150$.

```
AzH — CO
 |     |
HC    C — Az — CH³
||    ||        >CH
Az —— C — Az
```

Analyse.

	Trouvé.	Calculé.
C..............	47,8	48,0
H..............	4,3	4,0
Az..............	37,35	37,33

» Combustions dans la bombe pour 1 gramme : $5062^{cal},3$; $5072^{cal},2$.

		Cal
Chaleur de combustion moléculaire :	à volume constant.........	760,08
»	à pression constante.......	759,49
Chaleur de formation par les éléments........................		+ 13,37

Oxydation.

» Les chiffres précédents conduisent à quelques rapprochements intéressants :

L'acide urique ou trioxypurine étant...............	$C^5H^4Az^4O^3$
La xanthine ou dioxypurine.......................	$C^5H^4Az^4O^2$
L'hypoxanthine ou monoxypurine.................	$C^5H^4Az^4O$
Et la purine....................................	$C^5H^4Az^4$

» Le changement de la xanthine en acide urique par addition d'un atome d'oxygène dégage $+ 51^{Cal},4$.

» Le changement de l'hypoxanthine (6-oxypurine) en xanthine par addition d'un atome d'oxygène : $+ 69^{Cal},8$.

» D'après ce chiffre, nous pourrions calculer la chaleur de formation par les éléments de la purine elle-même, soit $- 44^{Cal}$. C'est une première

indication, sous toutes réserves d'ailleurs. On en donnera une autre évaluation plus loin.

» Dans tous les cas, il y aurait décroissance dans la chaleur dégagée par les atomes d'oxygène successivement combinés, ce qui est conforme à une relation fort générale dans l'étude des combinaisons formées en proportions multiples ([1]). Pour l'indol, par exemple, le premier atome d'oxygène dégage $+71^{Cal},6$ (valeur voisine de $+69^{Cal},8$ observée pour l'hypoxanthine), et le deuxième atome d'oxygène, $+35^{Cal},1$ seulement.

» En ce qui touche la série urique, il convient de rappeler que les termes de cette série peuvent être, en général, regardés comme des diuréides, dérivés de deux molécules d'urée associées avec un acide oxygéné dérivé de l'acide lactique (lactide, acide acrylique, et isomères). La purine elle-même répondrait à un nitrile diuréique de l'acide acrylique (ou du lactide), $2CH^4Az^2O + C^2H^4O^2 - 4H^2O$.

» Ceci posé, il serait intéressant de comparer, d'une part, les chaleurs dégagées par la fixation elle-même de l'oxygène sur l'acide lactique (ou acrylique) et, d'autre part, sur la purine. On voit que la comparaison mettra en évidence les différences résultant de l'inégalité bien connue et considérable des quantités de chaleur si différentes, qui répondent à la formation des amides, imides et nitriles par déshydratation. Elle pourra dès lors jeter beaucoup de lumière sur la constitution amidée, imidée, ou nitrilée, des corps de la série purique.

Méthylation.

» Les résultats fournis par l'étude de la chaleur mise en jeu dans la méthylation des composés puriques et uriques sont très dignes d'intérêt. Soient d'abord l'hypoxanthine (6-oxypurine) et la 7-méthylhypoxanthine (7-méthyl 6-oxypurine) ; la chaleur de formation de ce dernier composé, $C^6H^6Az^4O$, a été trouvée égale à $+13,37$; celle de l'hypoxanthine, $C^5H^4Az^4O$, étant $+26,86$.

» D'où il résulte que la combinaison des éléments, $C + H^2$, avec le dernier corps, ou, ce qui revient au même, la substitution de CH^3 à H, a absorbé $-13^{Cal},5$; au lieu de dégager, comme dans les corps homologues proprement dits, $+5$ à 6^{Cal} environ. Par suite la différence des chaleurs de combus-

---

([1]) *Thermochimie : Données et lois numériques*, t. I.

tion entre l'hypoxanthine et son dérivé méthylé devient

$$759,5 - 582,7 = 176^{\text{Cal}},8;$$

valeur fort supérieure à la différence normale 157 entre homologues.

» Ceci confirme la relation signalée par M. Matignon, il y a quelques années, pour le cas où le méthyle est lié directement à l'azote : ce qui est précisément le cas de la méthyloxypurine envisagée. L'écart serait moindre pour la 8-méthyloxypurine, étant de $-4,6$ pour la substitution, et de 167,9 pour les chaleurs de combustion. Mais, dans ce cas, les corps comparés ne dérivent pas d'une même constitution chimique.

» La substitution méthylée portant sur l'hydrogène lié à l'azote donne donc lieu à un *accroissement d'énergie du système*. Cette observation s'applique également à deux et même à trois méthylations reposant sur des liaisons de cet ordre.

» En effet, j'ai déjà fait observer ailleurs [1] que la chaleur de formation de la xanthine, $C^5H^4Az^4O^2$, étant $+96^{\text{Cal}},5$, celle de la diméthylxanthine (théobromine : 3,7), $C^6H^6Az^4O^2$, a été trouvée $+90^{\text{Cal}},10$, et celle de la triméthylxanthine (caféine : 1, 3, 7), $C^7H^8Az^4O^2$, à $+80^{\text{Cal}},7$.

» Il y a donc accroissement d'énergie continu dans ces méthylations successives, portant sur un noyau azoté fondamental dérivé de l'ammoniaque. C'est là une remarque qui pourra servir à contrôler plus d'une formule de constitution et qui est susceptible de jouer quelque rôle dans les recherches relatives à la chaleur animale.

» Je reviens maintenant à la chaleur de formation de la purine. Le chiffre $-13^{\text{Cal}},5$ a été observé pour la différence entre la méthylhypoxanthine et l'hypoxanthine; si l'on suppose ce chiffre applicable à la différence entre la méthylpurine (étudiée plus haut) et la purine, on peut calculer la chaleur de formation de la purine par les éléments, soit $-47,7$ (méthylpurpurine) $-13,5 = -34^{\text{Cal}},2$. L'étude des phénomènes d'oxydation a fourni, en vertu d'analogies du même ordre : -44^{Cal}. La moyenne -39^{Cal} ne doit pas être fort éloignée de la réalité.

» En tous cas, la formation par les éléments de la purine peut être regardée comme fortement endothermique. Une telle conclusion est conforme à l'étude générale des nitriles, laquelle fournit, d'après mes recherches, des chaleurs de formation de nitriles très inférieures à la

---

(1) *Annales de Chimie et de Physique*, 7e série, t. XVII, p. 442.

somme des chaleurs de formation de l'acide et de la base générateurs, diminuées de la chaleur de formation de l'eau éliminée. Tel serait aussi le cas de la purine, en faisant le calcul d'après la formule de la p. 370, qui l'envisage comme un nitrile de la série lactique.

» Ce calcul, comparé à la chaleur de formation -39^{Cal}, indique une différence considérable, une portion notable de la chaleur de formation de l'eau éliminée demeurant emmagasinée dans la purine.

» C'est là une circonstance très générale dans la formation des nitriles, et très importante; car il en résulte une réserve d'énergie qui communique au composé résultant cette aptitude à entrer en combinaison directe, cette plasticité et facilité de transformations multiples, qui caractérisent les composés endothermiques, tels que l'acétylène, l'acide cyanhydrique, le cyanamide, le cyanogène et la purine. Tous ces composés sont assimilables à de véritables radicaux par leur caractère de corps incomplets et la variété de leurs réactions. De là le double point de vue sous lequel on peut les envisager, suivant que l'on tient compte de leur formation analytique, c'est-à-dire par voie de certains dédoublements qui accumulent dans les résidus une énergie dérivée d'une façon exceptionnelle de celles des générateurs; ou bien que l'on s'attache à leurs réactions synthétiques, en envisageant directement ces résidus, avec leurs réserves d'énergie propres, comme des radicaux ou noyaux fondamentaux. La Thermochimie apporte ici des notions essentielles à l'étude de la constitution des corps et des séries elles-mêmes. »

PHYSIQUE. — *Sur la dispersion du rayonnement du radium dans un champ magnétique.* Note de M. **Henri Becquerel.**

« J'ai montré récemment [1] que la portion déviable du rayonnement du radium était dispersée par un champ magnétique; le faisceau dévié se compose de radiations dont les trajectoires ont des rayons de courbure différents, et dont l'absorption au travers de divers écrans est variable avec la nature et la position de ces écrans. J'ai pu améliorer les dispositions expérimentales primitives et obtenir quelques résultats nets qui pourront guider dans l'étude ultérieure de ces phénomènes.

---

[1] *Comptes rendus*, t. CXXX, p. 209; 29 janvier 1900.

» Il importait d'éliminer l'absorption due au papier noir qui enveloppait les plaques photographiques dans la plupart des expériences antérieures, mais il faut alors éviter l'action de la lumière émise ır la phosphorescence du sel de radium. La substance active était rass(nblée dans un trou de 1^{mm} percé dans une carte, et placée dans une petite cuve en plomb; cette cuve était posée sur la gélatine de la plaque photographique, horizontale, au milieu du champ magnétique. Dans ces conditions, la lumière de phosphorescence n'impressionnait pas la plaque, et les rayons déviables étaient seuls ramenés sur celle-ci par l'action du champ magnétique. On pouvait alors placer sur la plaque même divers écrans absorbants. Les opérations s'effectuaient dans une chambre noire en s'éclairant avec de la lumière rouge.

» Une autre modification importante a été de remplacer les armatures qui ne donnaient un champ uniforme que sur un petit espace, par des parallélépipèdes de fer dont la section était de 10^{cm} de large sur 14^{cm} de hauteur séparés entre eux par une distance de $3^{cm},3$. Le champ uniforme occupe une étendue suffisante pour comprendre toutes les trajectoires des rayons qui impressionnent la plaque. En faisant passer dans l'électro-aimant un courant de 4 ampères, on obtenait un champ magnétique dont l'intensité a été déduite de la mesure de la rotation du plan de polarisation de la lumière dans une direction oblique. On a trouvé ainsi 1742 unités C.G.S.

» 1° *Vérification de la direction des trajectoires.* — L'étude que j'ai faite antérieurement conduit à penser que les rayons qui sont les plus efficaces pour impressionner la plaque photographique sont ceux dont les trajectoires coupent la plaque dans le voisinage de leur point de contact avec leur enveloppe; en particulier, quand la source est sur la plaque elle-même, ce seraient les rayons qui sont ramenés à peu près normalement sur la plaque, ou plus généralement ceux dont la normale à la trajectoire est dans le plan de la plaque.

» On peut vérifier qu'il en est sensiblement ainsi en disposant sur la plaque divers objets dont on étudie les ombres. En particulier, si l'on dispose parallèlement à la plaque, à $0^{mm},3$ au-dessus et obliquement au champ, une petite barre de verre de $1^{mm},5$ de côté, on constate que l'ombre produite par les rayons déviés présente une pénombre due à la largeur de la source et que la largeur et la netteté de l'ombre sont d'autant plus grandes que la longueur de la trajectoire a été plus grande.

» La netteté n'est pas changée si l'on couvre la source d'un demi-cylindre d'aluminium de $0^{mm},1$ d'épaisseur, parallèle au champ. Cette

expérience montre bien la transparence de l'aluminium dans ces conditions et semble exclure l'hypothèse de radiations secondaires émises par l'aluminium, en quantité assez notable pour se substituer efficacement à celles de la source; elle confirme les observations que j'avais faites depuis longtemps.

» 2° *Variation de l'absorption avec la position des écrans.* — Si sur la gélatine de la plaque photographique on place des bandes de diverses substances, de papier, de verre, de mica, d'aluminium, de cuivre, de plomb, on reconnaît, comme je l'ai déjà annoncé, que les impressions s'arrêtent à des distances inégales de la source, tandis que s'il n'y a pas d'écran l'impression se fait jusque dans le voisinage immédiat de la cuve contenant le radium. Il paraît vraisemblable d'admettre que les rayons les plus déviés sont inégalement absorbés par les divers écrans, mais l'on se trouve alors en présence d'un phénomène inattendu, que j'ai signalé antérieurement : si, au lieu de placer l'écran sur la plaque photographique, on le place sur la petite cuve elle-même qui contient le radium, l'impression photographique s'étend jusque près de la source, et il semble que cet écran se laisse alors traverser par les radiations qu'il arrête lorsqu'il est sur la plaque. Ce fait paraît général; je l'ai observé avec du papier noir et avec des lames d'aluminium, de cuivre et de plomb d'environ $0^{mm},1$ d'épaisseur. Les radiations ont leur intensité plus ou moins diminuée par ces écrans, mais quand ils sont très près de la source, l'impression, plus ou moins affaiblie, s'étend jusqu'à la source elle-même, montrant qu'il arrive alors sur la plaque des radiations de toute nature, depuis celles qui sont très peu déviées jusqu'à celles qui viennent s'arrêter sur le bord même de la cuve contenant le radium.

» Au lieu de placer les écrans sur la cuve elle-même, on peut couvrir celle-ci d'une petite gouttière cylindrique plus ou moins épaisse, les effets sont les mêmes. L'aluminium, sous $0^{mm},02$ d'épaisseur, laisse passer les radiations de toute nature; le plomb, sous $0^{mm},33$, a tout arrêté. La transparence du plomb est cependant notable, lorsque celui-ci est en contact avec le radium, car, dans toutes les épreuves, la position de la source est marquée par une tache circulaire intense due aux rayons qui ont traversé le fond de la cuve, qui a environ $0^{mm},5$ d'épaisseur; il faut toutefois observer que, dans ce cas, la partie non déviable du rayonnement traverse également le fond de la cuve et que l'effet de ce rayonnement s'ajoute à celui de la partie déviable par le champ magnétique.

» Deux lames d'aluminium parallèles toutes deux à la plaque, l'une posée sur la gélatine, l'autre à 2^{mm} au-dessus, ont donné la même absorption

qualitative. Si l'on dispose trois lames d'aluminium, d'égale épaisseur, l'une sur la plaque, l'autre inclinée à 45° et la troisième verticale, on constate que la limite des radiations absorbées se rapproche progressivement de la source.

» Je n'ai encore aucune explication plausible de ces phénomènes. Cependant le phénomène qu'on observe quand les écrans sont sur la plaque photographique paraît bien dû à une absorption élective de radiations sensiblement normales aux écrans, et il donne alors le spectre d'absorption de chaque écran, pour les radiations inégalement déviées dans le champ magnétique.

» 3° *Spectres d'absorption de diverses substances.* — Le spectre d'émission du radium apparaît dans ces expériences comme étant continu. Pour caractériser chaque radiation, on peut donner le rayon de courbure ρ de sa trajectoire dans un champ uniforme déterminé, et comme, d'autre part, le produit $H\rho$ du rayon de courbure par l'intensité H de la composante du champ normale à la trajectoire est constant, je prendrai la valeur de ce produit pour caractériser chaque radiation.

» Un écran placé sur la gélatine de la plaque limite l'impression à un arc elliptique un peu diffus, dont le petit axe donne le double du rayon de courbure minimum des trajectoires des radiations transmises. Dans un champ de 1742 unités C. G. S., ce petit axe était de $7^{mm},5$ environ pour le papier noir, de $11^{mm},5$ pour une lame d'aluminium de $0^{mm},1$ d'épaisseur, de 13^{mm} pour une lamelle de verre, etc.

» On trouvera dans le Tableau suivant les valeurs du produit $H\rho$ pour les rayons qui limitent l'absorption de divers écrans. Ces nombres ne donnent que des valeurs grossièrement approchées de ces limites, en raison de la diffusion due à la largeur de la source, d'une part, et d'autre part, en raison de la limite indécise du phénomène d'absorption. Les écrans sont transparents pour des radiations dont les valeurs de $H\rho$ sont supérieures aux nombres du Tableau suivant :

Substances.	Épaisseur. mm	Limite inférieure du produit $H\rho$ pour les rayons transmis. C.G.S.
Papier	0,065	650
Aluminium	0,010	350
	0,100	1000
	0,200	1480
Mica	0,025	520
Verre	0,155	1130
Platine	0,030	1310
Cuivre	0,085	1740
Plomb	0,130	2610

» Ces limites approchées, dont je me propose de donner plus tard des valeurs plus exactes, suffisent pour caractériser d'une manière générale l'absorption de diverses substances. Ainsi, le papier ne laisse pas passer les radiations les plus déviables dont le rayon de courbure dans un champ de 1000 unités serait inférieur à $6^{mm},5$ environ; pour le verre, les rayons transmis auraient, dans le même champ, des rayons de courbure supérieurs à 11^{mm}.

» Les nombres ci-dessus sont tout à fait du même ordre de grandeur que ceux qui ont été trouvés pour les rayons cathodiques. Les radiations les plus déviables, c'est-à-dire celles qui ont le rayon de courbure ou le produit $H\rho$ le plus petit, sont les plus absorbées. Si on leur applique la même théorie que pour les rayons cathodiques, les rayons les plus absorbés seraient ceux pour lesquels le produit $\frac{m}{e}V = H\rho$ de la vitesse par le rapport de la masse à la charge aurait la moindre valeur.

» Ces phénomènes d'absorption inégale viennent confirmer les conclusions que j'avais déduites de l'étude de la phosphorescence excitée par le radium au travers de divers écrans (¹). »

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la synthèse de l'acide campholique au moyen de l'acide camphorique.* Note de MM. **A. Haller** et **G. Blanc**.

« Dans une précédente Communication (²) l'un de nous a montré que, en réduisant une solution alcoolique d'anhydride camphorique par de l'amalgame de sodium, on obtient une lactone $C^{10}H^{16}O^2$, qui a été appelée *campholide*. Ce composé présente, vis-à-vis de l'anhydride camphorique, les mêmes rapports que le phtalide vis-à-vis de l'anhydride phtalique.

$C^8H^{14}\left\langle\begin{matrix}CO\\CO\end{matrix}\right\rangle O$,	$C^8H^{14}\left\langle\begin{matrix}CH^2\\CO\end{matrix}\right\rangle O$,	$C^6H^4\left\langle\begin{matrix}CO\\CO\end{matrix}\right\rangle O$,	$C^6H^4\left\langle\begin{matrix}CH^2\\CO\end{matrix}\right\rangle O$.
Anhydride camphorique.	Campholide.	Anhydride phtalique.	Phtalide.

» Campholide et phtalide ont d'ailleurs aussi même fonction.

» MM. A. Baeyer et V. Williger (³) ont récemment reproduit le cam-

(¹) *Comptes rendus*, t. CXXIX, p. 912; 4 déc. 1899.
(²) A. Haller, *Comptes rendus*, t. CXXII, p. 293.
(³) *Berichte der deut. chem. Ges.*, t. XXXIII, p. 3630.

pholide, en soumettant le camphre à l'action oxydante d'une solution de persulfate de potasse dans l'acide sulfurique. La publication de ce travail nous engage à communiquer des recherches commencées par l'un de nous, il y a quelque temps, pour effectuer le passage du campholide à l'acide campholique.

» Dans ce but, nous avons transformé le campholide provenant de l'acide camphorique en acide bromocampholique, d'après le procédé de MM. Baeyer et Williger, en saturant une solution de la lactone dans l'acide acétique cristallisable par de l'acide bromhydrique. Le dérivé bromé se dépose peu à peu et, au bout de quarante-huit heures, le précipité n'augmente plus. On le recueille sur filtre, on le lave avec de l'eau glacée et on le sèche dans le vide. Ce corps se présente sous la forme de paillettes cristallines, blanches, fondant à 177° et est identique avec celui que les savants allemands ont obtenu avec le campholide préparé directement en partant du camphre.

» 3gr d'acide bromocampholique sont dissous dans un excès d'acide acétique cristallisable et traités par 10gr de zinc en poudre. Le tout a été chauffé au bain-marie, à une température de 50° à 60°, pendant quelques heures. Après filtration, on a étendu d'eau avec précaution et la liqueur a été neutralisée presque exactement avec du bicarbonate de soude. L'acide campholique s'est séparé sous la forme d'huile qui n'a pas tardé à cristalliser. On a extrait le reste avec de l'éther.

» Après plusieurs cristallisations dans l'alcool, l'acide se présente sous la forme d'aiguilles blanches, ressemblant en tous points à celles de l'acide campholique préparé par les anciens procédés. Elles en ont aussi toutes les propriétés. Ainsi elles fondent à 105°-106°, point de fusion qui est indiqué par de Montgolfier pour l'acide pur. Leur pouvoir rotatoire $\alpha_D = +0°29'$, pour $p = 0,4014$, $v = 20^{cc}$, $l = 50^{mm}$ et $t = 18°$, d'où $[\alpha]_D = +48°9'$ au lieu de 49°8' que donnent les auteurs.

» L'analyse a donné les résultats suivants :

$$\text{Substance} = 0,1290; \quad CO^2 = 0,3320; \quad H^2O = 0,1183,$$

d'où

	Trouvé pour 100.	Calculé pour $C^{10}H^{18}O^2$.
C	70,18	70,58
H	10,16	10,58

» Analyse du sel d'argent : 0gr,200 du sel ont donné 0,0779 d'argent.

Trouvé.	Calculé pour $C^{10}H^{17}AgO^2$.
38,95	38,97

» Cette synthèse de l'acide campholique fixe d'une façon définitive les

relations qui existent, d'une part entre cet acide et le camphre, et d'autre part aussi entre ce même acide et l'acide camphorique ou son anhydride. Ces relations peuvent être exprimées par les schémas suivants :

$$\underbrace{C^8H^{14}\left\langle\begin{matrix}CH^2\\|\\CO\end{matrix}\right.}_{\text{Camphre.}}, \rightarrow \underbrace{C^8H^{14}\left\langle\begin{matrix}CO\\ \\CO\end{matrix}\right\rangle O}_{\text{Anhydride camphorique.}}, \rightarrow \underbrace{C^8H^{14}\left\langle\begin{matrix}CH^2\\ \\CO\end{matrix}\right\rangle O}_{\text{Campholide.}}, \rightarrow \underbrace{C^8H^{14}\left\langle\begin{matrix}CH^3\\ \\CO\,OH\end{matrix}\right.}_{\text{Acide campholique.}}.$$

» Or on sait, par des recherches antérieures de l'un de nous (¹), que le campholide, en tant que lactone, peut être aussi converti en acide cyanocampholique $C^8H^{14}\left\langle\begin{matrix}CH^2.CAz\\CO\,OH\end{matrix}\right.$, nitrile correspondant à l'acide bromocampholique. Or, cet acide cyané fournit par saponification de l'acide homocamphorique, dont le sel de plomb donne par calcination du camphre droit. On a donc là un moyen de retourner de l'acide campholique au camphre, puisqu'il a été démontré que cet acide fournit par oxydation de l'acide camphorique. »

NOMINATIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à la nomination d'un Correspondant pour la Section de Botanique, en remplacement de M. le baron *de Müller*.

Au premier tour de scrutin, le nombre des votants étant 43,

M. Schwendener obtient. . . . . 43 suffrages.

M. Schwendener, ayant réuni l'unanimité des suffrages, est proclamé élu.

CORRESPONDANCE.

M. le Secrétaire perpétuel annonce qu'il a reçu l'avis officiel d'un legs de 4000 livres sterling, fait à l'Académie par M. le professeur *Hughes*.

Le revenu doit en être affecté à un prix destiné à récompenser une découverte originale dans les Sciences physiques, et particulièrement dans l'Électricité, le Magnétisme ou leurs applications.

(¹) Haller, *Comptes rendus*, t. CXXII, p. 446.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Variations rapides de la vitesse radiale de l'étoile* δ *Orion*. Note de M. **H. Deslandres**, présentée par M. Janssen.

« Dans une Note récente (*Comptes rendus*, t. CXXVIII, p. 1375; juin 1899) j'ai exposé les premiers résultats obtenus avec la grande lunette double de Meudon sur la photographie des planètes, des amas d'étoiles et des nébuleuses. J'expose aujourd'hui les premiers résultats sur l'étude spectrale des astres.

» La grande lunette qui a été mise à ma disposition par le directeur de l'observatoire, M. Janssen, a été employée régulièrement à la photographie des astres pendant les trois premiers trimestres de 1898. Puis, de septembre 1898 à mai 1899, elle a été livrée au constructeur pour l'addition d'organes nouveaux et d'accessoires divers. En particulier, j'ai fait fixer à l'arrière des supports spéciaux, destinés à recevoir les nombreux appareils (tels que spectroscopes, photomètres, etc.) nécessaires à l'étude physique des astres, et à assurer leur réglage facile, et le remplacement commode des uns par les autres. En même temps j'ai fait construire plusieurs spectroscopes destinés, l'un aux étoiles faibles, l'autre au Soleil, un troisième à l'étude des vitesses radiales, ce dernier étant établi avec le soin tout particulier qu'exige cette recherche délicate. Cette première organisation assure donc l'étude spectrale de tous les astres. Mais le plan général adopté et la description des principaux appareils seront présentés dans une Note ultérieure.

» Depuis le 15 octobre dernier, le spectroscope des vitesses radiales, fixé à la grande lunette photographique de $0^m,62$, a été employé d'une manière continue à la photographie spectrale des étoiles. Cette étude est la continuation des recherches poursuivies de 1892 à 1896 à l'Observatoire de Paris avec le grand télescope de $1^m,20$, sur les vitesses de rotation des planètes et sur les vitesses radiales des étoiles. Mais, à Meudon, les conditions sont plus favorables. Car si, avec les deux instruments, les flexions de la monture sont à peu près les mêmes, l'instrument de Meudon l'emporte par la qualité de l'appareil optique et la constance relative de la température, due à la présence d'une coupole.

» Le spectroscope de Meudon, qui se prête à plusieurs combinaisons de prismes et lentilles susceptibles de fournir des dispersions différentes, a été

employé avec un collimateur et une chambre de $0^m,55$, et deux prismes de flint léger, la dispersion étant telle que le spectre a environ 40^{mm} de $\lambda 4800$ à $\lambda 3950$. Avec une pose d'une heure, il donne les étoiles de la 5e grandeur (d'après la Photométrie de Harvard Observatory), alors que le spectroscope de Paris, dans le même temps, donnait au plus les étoiles de la grandeur 3,5.

» Ces conditions nouvelles permettent d'aborder les étoiles variables, qui sont en général plus faibles que la 3e grandeur, et dont les mouvements offrent un intérêt de premier ordre.

» Depuis le 15 octobre, malgré la persistance du mauvais temps, j'ai obtenu soixante épreuves spectrales d'étoiles, avec le concours de M. Millochau, aide-astronome à l'Observatoire. Parmi ces épreuves, je dois citer tout d'abord onze spectres successifs de l'étoile δ Orion, qui ont montré des variations de vitesses radiales qui sont à la fois fortes et rapides.

» L'étoile δ Orion a été notée par Herschel comme variable, mais de période irrégulière. MM. Vogel et Scheiner ont mesuré sa vitesse radiale à quatre époques différentes, mais sans trouver des différences supérieures à 7^{km} par seconde.

» Ce spectre de l'étoile a des particularités curieuses; les seules raies bien visibles appartiennent à l'hydrogène et à l'hélium; de plus, elles sont extrêmement larges et diffuses. On peut, à ce point de vue, les rapprocher des raies de l'étoile α Aigle, étudiée déjà à Paris, qui offre le même caractère, mais à un degré moindre. D'autre part, la largeur des raies dans δ Orion est presque certainement variable et l'un des bords de la raie est parfois plus diffus que l'autre ([1]).

» La nature nébuleuse des raies de δ Orion rend leur pointé difficile, dans la comparaison avec les raies terrestres qui donne le déplacement et la vitesse radiale; il faut employer un faible grossissement et un réticule à gros fil. Cependant le déplacement rapide des raies stellaires est évident; il est même visible à l'œil nu, la raie passant en vingt-quatre heures d'un côté à l'autre de la raie de comparaison.

» Le Tableau ci-contre présente les mesures de vitesses radiales qui sont faites avec un appareil provisoire, et ne sont pas présentées comme définitives. Mais l'emploi d'un appareil mieux approprié à ces mesures spéciales ne peut changer les conclusions de cette Note.

([1]) Cette inégalité des bords a été signalée déjà par M. Vogel dans une autre étoile α Vierge, qui a un spectre semblable à celui de δ Orion, et est aussi une étoile double spectroscopique.

Tableau des mesures de vitesses radiales avec la raie λ 434 de l'hydrogène (¹).

Dates.	Vitesses mesurées en kilomètres par seconde.
8 décembre 1899	+ 95^{km}
9 »	— 15
12 »	+ 70
15 »	— 38
18 »	+ 81
9 janvier 1900	— 37
10 »	+ 64
12 »	+ 80
13 »	— 49
18 »	+ 14
25 »	— 50

» Pour les raisons énumérées plus haut, la précision de la mesure est faible, l'erreur possible pour certaines épreuves étant estimée à $\pm 15^{km}$, tellement la raie est parfois peu distincte et à bords peu nets.

» En résumé, l'étoile δ Orion présente des variations périodiques de vitesses radiales. Même, les mesures précédentes s'accordent assez bien avec une période égale à $1^{jour},92$; et la courbe des vitesses (ramenées à une même période), construite d'après ces premières données, présente les dissymétries qui annoncent une grande excentricité de l'orbite.

» Mais des épreuves plus nombreuses et surtout plus rapprochées (²)

(¹) La raie λ447 de l'hélium se prête aussi aux mesures, quoique moins facilement qu'avec λ434 de l'hydrogène. Or les vitesses mesurées avec λ447 sont parfois assez différentes des précédentes en valeur absolue, le signe cependant restant le même. Ces différences jointes à la netteté inégale des bords des raies conduisent à penser que le spectre est peut-être composite et formé de deux spectres juxtaposés.

De plus, lorsque l'impression est forte, la raie λ434 offre parfois dans sa partie noire deux raies brillantes fines, analogues à la raie double brillante renversée que j'ai reconnue au milieu des raies noires H et K du calcium dans le spectre des facules et de la lumière générale du Soleil. J'ai signalé aussi dans les raies de α Aigle la même particularité, qui serait due à la nature composite du spectre, ou mieux la chromosphère de l'astre.

(²) Comme les variations sont rapides, les épreuves doivent être rapprochées. Il conviendrait, pendant quatre belles nuits consécutives, de faire chaque nuit trois épreuves séparées chacune par quatre heures d'intervalle. Mais actuellement Orion se lève trop tôt; et, dans cette saison, il est rare d'avoir plusieurs belles nuits qui se suivent.

seront nécessaires pour reconnaître la véritable valeur de la période et décider si les variations de vitesse correspondent à une seule période ou à plusieurs et à une simple ellipse, soumise ou non à une rotation sensible de la ligne des absides. »

MÉTÉOROLOGIE. — *Lois dynamiques des cyclones.* Note de M. l'amiral **Fournier.**

« Dans un fluide sans viscosité, ne subissant aucun frottement intérieur, qu'il soit compressible ou non, tant qu'il ne s'y manifeste aucun mouvement oscillatoire, c'est-à-dire que les molécules d'un même filet y parcourent des trajectoires parallèles et continues, la force vive de circulation de l'unité de volume d'air de masse μ, sur un même niveau, est liée à la dépression correspondante $P - p$, comptée depuis la pression culminante, P, où la vitesse V était nulle, par la formule de Bernoulli

$$\frac{1}{2}\mu V^2 = P - p. \tag{1}$$

Mais, dans un cyclone atmosphérique où l'entraînement giratoire ne peut se propager, tangentiellement aux isobares concentriques à l'axe de révolution du tourbillon, que par des entrechoquements moléculaires, les frottements intérieurs étant négligeables, l'élasticité de l'air est mise en jeu par ces impulsions moléculaires et une partie de la force vive de circulation se transforme en force vive oscillatoire entretenue transversalement aux filets, puisque c'est dans cette direction que toutes les réactions antagonistes du météore s'équilibrent, en chaque point de ces filets. Les molécules aériennes suivent donc, dans les filets venteux d'un cyclone, des trajectoires sinueuses étant animées d'une vitesse oscillatoire transversale. La valeur moyenne, ω_m, de cette vitesse composante, au point où la vitesse résultante des molécules est W, est donc liée à la vitesse de circulation continue V qu'elles auraient si le mouvement oscillatoire transversal était nul, par la relation $\frac{1}{2}\mu W^2 = [\frac{1}{2}\mu V^2 - \frac{1}{2}\mu\omega_m^2] + \frac{1}{2}\omega_m^2$, de laquelle on déduit $W = V$. En d'autres termes, la vitesse des molécules aériennes sur leurs trajectoires sinueuses et oscillantes est, en tout point, la même que si ces molécules, au lieu d'osciller dans leur filet commun, transversalement à sa direction, la suivaient parallèlement et sans discontinuité, comme dans un fluide incompressible, avec une vitesse V satisfaisant donc à la loi de Bernoulli, $\frac{1}{2}\mu V^2 = (P - p)$.

» Mais alors, la force vive moyenne $\frac{1}{2}\mu V_m^2$ de la circulation continue, le long du filet considéré, se trouve réduite à l'expression

$$\tfrac{1}{2}\mu V_m^2 = \tfrac{1}{2}\mu V^2 - \tfrac{1}{2}\mu\omega_m^2,$$

ou, à cause de la formule (1),

$$(2)\qquad \tfrac{1}{2}\mu V_m^2 = (P - p) - \tfrac{1}{2}\mu\omega_m^2.$$

» 2. Pour déterminer $\frac{1}{2}\mu\omega_m^2$, remarquons que le jeu des oscillations moléculaires transversales, le long de la normale à un filet quelconque d'un cyclone, s'y traduit par un ensemble de *nœuds* de compression, sur lesquels s'équilibrent simultanément, de l'une à l'autre, dans les deux sens, les réactions élastiques intermédiaires qui forment ainsi ces nœuds, jusqu'au dernier aboutissant évidemment au contour de l'isobare extérieur de la pression culminante, P, où s'éteignent toutes les perturbations du cyclone. Dans ces conditions, la tension répulsive entre les molécules contiguës s'élève, dans tous les nœuds, à une valeur commune égale à P. Cette tension oscille donc, au point où la pression barométrique est p, de p à P, c'est-à-dire de p à $p + (P - p)$ et de p à $p - (P - p)$, de façon que sa valeur moyenne reste égale à sa valeur observée p. La mesure de la force vive oscillatoire moyenne est donc $\frac{1}{2}(P - p) = \frac{1}{2}\mu\omega_m^2$ et l'équation (2) devient

$$(3)\qquad \tfrac{1}{2}\mu V_m^2 = \tfrac{1}{2}(P - p),$$

tandis que l'on aurait

$$(4)\qquad \tfrac{1}{2}\mu V^2 = (P - p),$$

d'après la formule de Bernoulli, si le fluide atmosphérique était incompressible, toutes choses égales d'ailleurs, la moitié du travail des dépressions se dépense donc, dans les cyclones, d'un filet à l'autre, en réactions oscillatoires transversales entretenues par les forces impulsives de l'entraînement giratoire.

» Ces équations (3) et (4) sont indépendantes de l'inclinaison, θ, des filets sur le rayon correspondant, r, du centre des dépressions. Il en est de même évidemment de ces équations dérivées par rapport à r :

$$(5)\qquad \frac{d(\mu V_m^2)}{dr} = -\frac{dp}{dr};$$

$$(6)\qquad \frac{d(\mu V^2)}{dr} = -2\frac{dp}{dr}.$$

Il faut joindre, en outre, à ces équations, celles qui expriment l'équilibre transversal de l'unité de volume d'air sur sa trajectoire continue :

(7) $$\frac{dp}{dr}\sin\theta = \frac{\mu V_m^2}{\rho} \text{ dans le premier système,}$$

(8) $$\frac{dp}{dr}\sin\theta = \frac{\mu V^2}{\rho} \text{ dans le deuxième système,}$$

en fonction du rayon de courbure ρ de la trajectoire.

» En éliminant $\frac{dp}{dr}$, entre (5) et (7) et entre (6) et (8), et en remarquant que la relation générale $\rho \sin\theta = r\left(1 + \frac{d\theta}{d\varphi}\right)$ est satisfaite sur toute courbe dont l'équation en coordonnées polaires est $r = f(\varphi)$, en fonction de l'angle au pôle φ et du rayon vecteur, on a

$$\frac{d(\mu V_m^2)}{\mu V_m^2} = -\frac{dr}{r}\left(\frac{1}{1+\frac{d\theta}{d\varphi}}\right), \quad \text{et} \quad \frac{d(\mu V^2)}{\mu V^2} = -2\frac{dr}{r}\left(\frac{1}{1+\frac{d\theta}{d\varphi}}\right).$$

» Or les relations, qui sont générales, étant indépendantes de θ, impliquent que l'on ait $\frac{d\theta}{d\varphi} = 0$, quel que soit r, c'est-à-dire θ constant; d'où l'on conclut que les filets venteux, dans les cyclones, sont des spirales logarithmiques. Ces équations se réduisent alors, après intégration, aux relations

$$\frac{\mu V_m^2}{\mu_1 V_{m_1}^2} = \left(\frac{r_1}{r}\right) \quad \text{et, par conséquent,} \quad \frac{P-p}{P-p_1} = \left(\frac{r_1}{r}\right),$$

ou

$$\frac{\mu V^2}{\mu_1 V_1^2} = \left(\frac{r_1}{r}\right)^2 \quad \text{et, par conséquent,} \quad \frac{P-p}{P-p_1} = \left(\frac{r_1}{r}\right)^2,$$

entre le rayon r_1 de l'isobare où commence l'entraînement giratoire de l'air et le rayon r de l'isobare intérieur où la vitesse de cet entraînement cesse d'être progressive avant de décroître brusquement jusqu'à o sur le contour du noyau central d'accalmie que l'on rencontre au cœur de tous les cyclones.

» Les lois de distribution concentrique des forces vives et des dépressions sont donc bien

$$\frac{\mu V_m^2}{\mu_1 V_{m_1}^2} = \frac{r_1}{r} = \frac{P-p}{P-p_1}$$

dans les cyclones atmosphériques, ainsi d'ailleurs que j'ai pu le vérifier par des exemples probants au moyen des baisses barométriques recueillies

dans des types de ces tempêtes les plus dissemblables, et ces lois seraient celles bien différentes du second système, si l'air était un fluide incompressible, toutes choses égales d'ailleurs.

» La loi $\frac{P-p}{P-p_1} = \frac{r_1}{r}$ donne lieu, par sa forme, à des applications fort utiles aux navigateurs et permettent, entre autres, d'établir des prévisions certaines sur la durée de l'ouragan. »

GÉOMÉTRIE. — *Sur les cercles tangents à quatre plans isotropes et sur les surfaces à double génération circulaire.* Note de M. **Eugène Cosserat**, présentée par M. Darboux.

» Dans une précédente Communication, j'ai commencé à considérer les transformations

$$(1) \qquad \rho x'_i = f_i \qquad (i = 1, 2, 3, 4),$$

où les f_i sont des formes quadratiques de quatre variables x_1, x_2, x_3, x_4, et qui font correspondre aux génératrices rectilignes d'une quadrique $f = 0$ des coniques rencontrant toutes en deux points une conique C'.

» La discussion des cas qui se présentent lorsque la courbe d'intersection de $f = 0$ et de la quadrique Q qui correspond au plan de C' présente des particularités, m'entraînerait ici trop loin; je me contenterai, pour terminer, de considérer un cas qui se rattache directement à différentes recherches déjà anciennes des géomètres, et que l'on rencontre lorsqu'on suppose que l'intersection de $f = 0$ et de Q se compose de quatre droites distinctes.

» Le système linéaire formé par les quadriques conjuguées à un tétraèdre fixe et dont l'étude a été commencée en 1863 par Painvin, a fait ensuite l'objet de plusieurs travaux, parmi lesquels on doit citer ceux de Meister et de M. Segre; les résultats connus relatifs à ce système sont, en partie, résumés par M. Reye dans la 3[e] édition de son Livre *Die Geometrie der Lage*. Rappelons simplement les suivants : Supposons que dans les formules (1), les quatre quadriques $f_i = 0$ soient conjuguées à un même tétraèdre T; à une droite générale de l'espace (x) correspond dans l'espace (x') une conique tangente aux quatre faces du tétraèdre T' dont les sommets sont les correspondants de ceux du tétraèdre T; inversement, à une conique générale C' tangente aux quatre faces du tétraèdre T' correspondent dans

l'espace (x) huit droites $D_1, D_2, \ldots, D_8$ qui sont dites *associées;* ces huit droites appartiennent quatre par quatre aux deux systèmes de génératrices rectilignes de la quadrique Q qui correspond au plan de C'.

» Ceci étant rappelé, si l'on considère une droite générale de l'espace (x) rencontrant deux droites D_i situées dans le même plan, à cette droite correspond une conique située sur un des cônes passant par C' et dont les sommets sont ceux de T'. S la droite rencontre deux droites D_i non situées dans un même plan, il lui correspond en général une conique non située sur un tel cône, tangente aux quatre faces du tétraèdre T' et rencontrant C' en deux points. Aux génératrices rectilignes d'une quadrique $f = 0$ coupant Q suivant un quadrilatère gauche formé de quatre droites D_i, correspondent des coniques rencontrant C' en deux points. Toutefois, il y a à distinguer. On peut former trente-six quadrilatères gauches dont quatre côtés soient des droites D_i; pour douze de ces quadrilatères, qui sont associés deux à deux, les quadriques correspondantes ont pour transformées des cônes du second ordre ayant leurs sommets sur les arêtes du tétraèdre T'; pour les vingt-quatre autres, associées huit à huit, les quadriques correspondantes ont pour transformées des surfaces du huitième ordre qui admettent C' comme conique quadruple et une ligne double formée de quatre droites et d'une biquadrique.

» On peut présenter les résultats précédents sous une autre forme où n'intervient plus la transformation (1); pour abréger le langage, supposons, ce qui ne restreint pas la généralité, que C' soit le cercle de l'infini et que les quatre faces du tétraèdre T' soient ainsi des plans isotropes. Nous avons alors la proposition suivante :

» Considérons la congruence formée par les cercles, tangents à quatre plans, isotropes en laissant de côté ceux dont les foyers ([1]) ne sont pas simultanément sur deux arêtes opposées du tétraèdre T' déterminé par ces quatre plans. Cette congruence se partage en douze congruences partielles; étant considéré un cercle γ' lui appartenant, les cercles de la congruence qui le rencontrent sont répartis sur douze surfaces; cinq de ces surfaces forment, par leur ensemble, six surfaces de Steiner passant par le cercle de l'infini; une sixième est une surface du huitième ordre admet-

---

([1]) Nous donnons, d'après M. Darboux, aux centres des sphères de rayon nul passant par un cercle, le nom de *foyers du cercle*. La congruence considérée peut se partager en trois congruences suivant la distribution des foyers d'un cercle sur les trois couples d'arêtes opposées du tétraèdre T'.

tant une famille de cercles et une famille de coniques; une septième et une huitième sont les cônes isotropes passant par le cercle γ'; enfin les quatre dernières sont des surfaces du huitième ordre à double génération circulaire : l'une des familles de cercles comprend le cercle γ', les cercles de l'autre famille ont leurs foyers sur l'une des deux courbes d'arêtes du tétraèdre T' qui ne renferment pas les foyers de γ', chacun de ces deux couples correspondant à deux des quatre surfaces.

» Les derniers résultats énoncés conduisent à faire l'observation suivante qui présente de l'intérêt lorsqu'on se préoccupe de la distinction entre le réel et l'imaginaire. On sait que Laguerre a représenté un point imaginaire de l'espace par un cercle réel admettant le point pour un de ses foyers. Si l'on applique cette représentation aux points d'une droite imaginaire, de la seconde espèce de von Staudt, on en déduit des cercles réels en nombre doublement infini et qui font partie de la congruence des cercles tangents aux quatre plans isotropes passant par la droite ou par la droite imaginaire conjuguée.

» La congruence des cercles tangents à quatre plans isotropes jouit encore de propriétés intéressantes sur lesquelles je n'insiste pas en ce moment; j'observe seulement qu'elle constitue un cas particulier de la congruence des cercles tangents à quatre développables isotropes. Cette dernière, à l'étude de laquelle on est conduit lorsqu'on fait correspondre, suivant Laguerre, des cercles réels aux points d'une courbe imaginaire, se présente aussi dans la généralisation des congruences de cercles que l'on déduit, par inversion, des congruences isotropes de droites de Ribaucour; si l'Académie le permet, je consacrerai à cette congruence générale une prochaine Communication. »

GÉOMÉTRIE. — *Sur les équations harmoniques et les surfaces isothermiques.* Note de M. **A. Thybaut**, présentée par M. Darboux.

« On sait qu'une équation harmonique a une infinité de groupes de quatre solutions dont la somme des carrés est nulle; les solutions θ_1, θ_2, θ_3, θ_4 de l'un de ces groupes sont

$$\theta_1 = \frac{A+B}{\sqrt{A'B'}}, \qquad \theta_2 = i\frac{B-A}{\sqrt{A'B'}}, \qquad \theta_3 = \frac{AB-1}{\sqrt{A'B'}}, \qquad \theta_4 = i\frac{AB+1}{\sqrt{A'B'}}.$$

» Si l'on effectue sur les fonctions A et B une substitution homographique quelconque, on obtient quatre nouvelles solutions de la même

équation harmonique, et la somme des carrés de ces quatre solutions est nulle ; nous ne considérerons pas ce deuxième groupe comme *distinct* du premier.

» Soit ω l'une des solutions Θ, formons l'équation en Ω que l'on déduit de l'équation harmonique en Θ par la transformation

$$\Omega = \int\left(\Theta\frac{\partial\omega}{\partial a} - \omega\frac{\partial\Theta}{\partial a}\right)db + \left(\Theta\frac{\partial\omega}{\partial b} - \omega\frac{\partial\Theta}{\partial b}\right)da.$$

Un groupe de quatre solutions Θ, *distinct du groupe dont* ω *fait partie*, se transforme dans la nouvelle équation en un groupe de quatre solutions dont la somme des carrés est une constante ; cette constante n'est nulle que dans le cas limite où ω devient une solution harmonique. Aux trois solutions Θ du même groupe que ω correspondent trois fonctions qui sont les coordonnées rectangulaires d'une surface minima rapportée à ses lignes de longueur nulle. En transformant un peu ces résultats, on obtient la proposition suivante :

» *L'équation de Laplace à invariants égaux, que vérifient les coordonnées rectangulaires d'une surface minima quelconque rapportée à ses lignes de courbure, possède une infinité de groupes de quatre solutions dont la somme des carrés est constante.*

» Chacun de ces groupes fait connaître les coordonnées pentasphériques d'une surface isothermique. Les surfaces isothermiques, que l'on peut déduire par ce procédé de toutes les équations harmoniques, constituent une classe dépendant de deux fonctions arbitraires, elles sont entièrement déterminées dans ma *Thèse de Doctorat ;* nous les appellerons surfaces (I).

» *A chaque surface isothermique* (I) *est associée une sphère* (S) *sur laquelle des sphères variables tangentes à* (I) *et à* (S) *décrivent un tracé géographique de la surface* (I). *Le rayon de chaque sphère variable est l'inverse de la courbure moyenne de la surface* (I) *au point de contact.*

» On peut établir une liaison géométrique entre toutes les surfaces (I) que l'on déduit d'une même solution ω :

» *La fonction* ω^{-2} *est proportionnelle au produit de la différence des courbures principales en un point quelconque d'une surface* (I) *correspondante par la puissance de ce point par rapport à la sphère* (S) *associée.*

» Considérons au contraire toutes les surfaces qui dérivent d'un même groupe de solutions Θ, leurs lignes de courbure ont pour image, sur chaque sphère (S) correspondante, *le même réseau orthogonal et isotherme* (ou le réseau inverse).

» A l'aide d'un déplacement et d'une homothétie, on peut faire coïncider toutes les sphères (S) avec une sphère fixe (O), les surfaces (I) deviennent toutes les surfaces dont la correspondance par sphères tangentes avec une sphère fixe fait correspondre les lignes de longueur nulle. Dans ma Communication du 23 mai 1899, j'ai donné quelques propriétés géométriques de ces surfaces, j'ai indiqué en particulier qu'elles étaient isothermiques. Si le rayon de la sphère (O) augmente ou diminue indéfiniment, on trouve comme cas limites des surfaces (I) les surfaces minima dans le premier cas, leurs inverses dans le second cas.

» On déduit des résultats précédents que la *détermination des surfaces (toutes isothermiques), dont les lignes de courbure ont pour image sur une sphère un réseau orthogonal et isotherme donné, se ramène à la recherche des solutions* Θ *d'une équation harmonique ou à la recherche des solutions harmoniques*. Ce problème est compris dans une question plus générale traitée par M. Darboux (*Comptes rendus*, 29 mai 1899).

» Indiquons maintenant les résultats du calcul qui sont très simples. Supposons que le rayon de la sphère (O) ne soit ni infini ni nul et transformons par l'inversion cette sphère en un plan que nous prendrons comme plan des xy; les coordonnées (x, y, z) de la surface (C) lieu des centres des sphères variables renferment deux fonctions arbitraires A et B; ce sont

$$x = a + b, \qquad y = i(b - a), \qquad z = \frac{1 + AB}{\sqrt{A'B'}} = -i\theta_4 = f(a, b).$$

La surface (I) correspondante est l'enveloppe des sphères de centre (x, y, z) tangentes au plan des xy; les coordonnées tangentielles (α, β, ξ) de cette surface sont

$$\alpha = \frac{\partial f}{\partial b}, \qquad \beta = \frac{\partial f}{\partial a}, \qquad \xi = 2\left(a\frac{\partial f}{\partial a} + b\frac{\partial f}{\partial b} - f\right),$$

$f(a, b)$ est l'inverse de la courbure moyenne de la surface (I).

» Signalons la relation différentielle

$$d\theta_1^2 + d\theta_2^2 + d\theta_3^2 + d\theta_4^2 = 4\,da\,db$$

qui fait connaître une surface (C') de coordonnées $(\theta_1, \theta_2, \theta_3)$ et applicable sur (C). Les sphères de rayon f qui ont leurs centres sur (C') passent par l'origine et enveloppent une surface (I') dont (C') est la développée moyenne. Nous allons indiquer quelques propriétés géométriques des quatre surfaces (C), (I), (C'), (I').

» Le réseau conjugué commun aux surfaces applicables (C) et (C') est

un réseau à invariants ponctuels égaux, il correspond aux lignes de courbure de (I) et (I′).

» Les asymptotiques de (C) ou (C′) correspondent à un réseau conjugué de (I) ou (I′). Cette propriété caractérise les surfaces (I) parmi les surfaces isothermiques.

» Les courbes $a =$ const. et $b =$ const. sont les lignes de longueur nulle du plan des xy et de (I), ce sont les lignes de longueur nulle de la représentation sphérique de (I); les courbes correspondantes sont planes sur les deux surfaces applicables (C) et (C′).

» Si les fonctions A et B sont algébriques, les quatre surfaces sont algébriques.

» Si les paramètres a et b sont imaginaires conjugués ainsi que les fonctions arbitraires A et B, les quatre surfaces sont réelles et les courbures totales en deux points correspondants des surfaces (C) et (I) ou (C′) et (I′) sont de signes contraires.

» La surface (I′) a une représentation sphérique isotherme et possède cette propriété caractéristique que toutes les surfaces inverses par rapport au point O ont aussi une représentation sphérique isotherme; j'ai déterminé dans ma *Thèse de Doctorat* toutes les surfaces (I′). La surface (C′) est la polaire réciproque de l'inverse de la surface (I′) correspondante.

» Quelques-uns de ces résultats peuvent être déduits de la proposition suivante, analogue à un théorème de M. Darboux sur les surfaces isothermiques :

» *Considérons une surface et les sphères tangentes qui ont pour rayon la demi-somme des rayons de courbure de la surface au point de contact; la condition nécessaire et suffisante pour que cette surface ait une représentation sphérique isotherme est que les lignes de courbure se correspondent sur les deux nappes de l'enveloppe des sphères.* »

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les équations algébriques anharmoniques.* Note de M. **Autonne**, présentée par M. C. Jordan [1].

« Dans un groupe S donné, on ne peut choisir *ad libitum* la substitution R. D'abord R ne doit pas être une puissance d'une autre substitution d'ordre plus élevé. Ensuite p doit diviser ou

$$n - 1 \quad \text{(cas de la première catégorie)},$$

---

[1] Voir *Comptes rendus* du 5 février.

ou

$$n = 2 \quad \text{(cas de la deuxième catégorie).}$$

» Dans la deuxième catégorie, n est pair, $n = 2m$.

» Les racines se répartissent en m couples; chaque racine d'un couple est rationnelle par rapport à l'autre; h_n n'est pas primitive.

» Voici les résultats de la discussion :

$$p = 1.$$

S appartient à l'un quelconque des cinq types de M. Jordan. Toutes les racines de h_n s'expriment rationnellement avec une quelconque d'entre elles.

$$p > 1.$$

Toutes les racines s'expriment rationnellement en fonction de deux quelconques d'entre elles, pourvu que ces dernières n'appartiennent pas, dans la deuxième catégorie, au même couple.

» S ne peut être du type circulaire.

» Si S est pyramidal, $p = 2$. C dérive des deux substitutions

$$\theta(0, 1, 2, \ldots, n-1)$$

et

$$\varepsilon = (0)(1, n-1)(2, n-2)\ldots \quad \text{pour } n \text{ impair (première catégorie),}$$

ou

$$\varepsilon = (0)(m)(1, n-1)(\ldots)\ldots \quad \text{pour } n = 2m \text{ (deuxième catégorie).}$$

» h_n possède, même quand n n'est pas premier, les propriétés des équations de Galois. L'exemple le plus simple de ces h_n est h_5, construite dans ma Note du 13 février 1899.

» S tétraédrique fournit deux anharmoniques :

$$n = 4, \qquad p = 3$$

(h_4 à groupe alterné et à discriminant carré; première catégorie),

$$n = 6, \qquad p = 2 \qquad \text{(deuxième catégorie).}$$

» S octaédrique ne donne rien à la première catégorie et trois h_n à la deuxième catégorie :

$$n = 12, \qquad p = 2;$$
$$n = 8, \qquad p = 3;$$
$$n = 6, \qquad p = 4.$$

» S icosaédrique ne fournit rien à la première catégorie et trois h_n à la deuxième catégorie :

$$n = 30, \qquad p = 2;$$
$$n = 20, \qquad p = 3;$$
$$n = 12, \qquad p = 5.$$

» Il est facile de restituer à leur place, dans la classification générale, les h_4 directement construites dans ma Note du 13 février 1899. h_4 équianharmonique correspond à $p = 3$, S tétraédrique. h_4 harmonique correspond soit à S circulaire, $p = 1$, $N = n = 4$, soit à S pyramidal, $p = 2$, $N = 8$. La dernière h_4 correspond à $p = 1$ et S pyramidal.

» L'intégrale générale de l'équation U de Riccati est

$$u = \mathcal{F}(\zeta, C), \qquad C = \text{const. arbitraire}, \qquad \Psi(\zeta) = T(t).$$

» Si, ce qui ne change pas le fond des choses, on prend pour variable, non plus t, mais ζ, l'équation U est

$$\Psi' \frac{du}{d\zeta} + u\Psi'' + \frac{d}{d\zeta}\frac{H'}{nH} + \left(u\Psi' + \frac{H'}{nH}\right)^2 = 0,$$
$$\Psi' = \frac{\partial\Psi(\zeta)}{\partial\zeta}, \qquad \Psi'' = \frac{\partial^2\Psi(\zeta)}{\partial\zeta^2}, \qquad \frac{\partial H(\zeta)}{\partial\zeta} = H'.$$

» On devait s'attendre à rencontrer tôt ou tard, dans les présentes recherches, les groupes S de M. Jordan, sur lesquels repose l'intégration algébrique de l'équation différentielle linéaire homogène du second ordre.

» En effet, M. Painlevé (*Leçons de Stockholm*, p. 29 et suivantes) rattache à U l'équation V

$$\frac{d^2\varphi}{dt^2} = \varphi M(t).$$

Les relations mutuelles entre les intégrales $u_1, u_2, u_3, \ldots$ de U, et $\varphi_1, \ldots$ de V, et les dérivées $\varphi'_1, \ldots$ sont les suivantes :

» L'intégrale générale de U est

$$\frac{\varphi'_1 + C\varphi'_2}{\varphi_1 + C\varphi_2};$$

on a aussi

$$\varphi_1^2 = \frac{u_1 - u_2}{(u_1 - u_3)(u_2 - u_3)}.$$

» Dans le cas qui nous occupe, les u et les φ sont algébriques en $T(t)$. L'intervention des groupes S ne saurait manquer.

» Dans une Communication ultérieure, j'approfondirai la dépendance mutuelle de U et de V. »

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Valeur plausible d'une grandeur variable.* Note de M. **Estienne**, présentée par MM. Appell.

« On a souvent besoin d'assigner une valeur unique, parfaitement déterminée, à une quantité variable entre certaines limites, suivant une loi plus ou moins bien connue. On veut, par exemple, préciser en degrés thermométriques le régime climatérique d'une contrée, déterminer le niveau de la mer à prendre comme origine d'un nivellement, définir la portée d'un canon, fixer la distance d'une planète au Soleil, abstraction faite de l'excentricité de l'orbite, etc.

» On a coutume de choisir, comme valeur déterminée de la variable, sa valeur probable, qu'on appelle habituellement *valeur moyenne*. Cette valeur est certainement intéressante, mais nous croyons utile d'appeler l'attention sur une autre valeur qui paraît plus remarquable *a priori* :

» Supposons qu'un homme de bon sens ait, en une occurrence quelconque, à remplacer par l'un des nombres μ ou k la variable x, dont il ignore la valeur actuelle; il se décidera volontiers pour le nombre μ, s'il est certain que l'écart absolu $x-\mu$ de ce nombre est probablement moindre que l'écart $x-k$. En d'autres termes, il choisira le nombre qui est probablement le meilleur, car il n'est pas contestable qu'une valeur moins erronée qu'une autre est meilleure que cette autre.

» Or il existe un nombre μ préférable à un nombre quelconque k : c'est le nombre μ auquel la variable a des chances égales d'être inférieure ou supérieure. En effet, si k est, par exemple, plus grand que μ, μ est plus approché que k, non seulement quand x est plus petit que μ, éventualité qui a la probabilité $\frac{1}{2}$, mais encore quand x étant supérieur à μ est moindre que $\mu+\frac{k-\mu}{2}$, éventualité qui a une certaine probabilité p.

» Le nombre μ a donc la probabilité $\frac{1}{2}+p$ d'être meilleur que k, c'est-à-dire est probablement meilleur que k. Nous proposons de donner à μ le nom de *valeur plausible*.

» Quand on connaît la probabilité $p(x)=f(x)\,dx$ qu'a la valeur x d'être comprise entre x et $x+dx$, la valeur plausible est donnée par

l'équation

$$\int_a^x f(x)\,dx = \int_x^b f(x)\,dx,$$

a et b étant les limites extrêmes de la variable.

» On possède souvent une courbe expérimentale donnant les variations de x en fonction du temps, celles du niveau de la mer, par exemple, fournies par un marégraphe enregistreur. Le niveau plausible s'obtient en cherchant la parallèle à l'axe des temps, telle que la somme des segments intérieurs à la courbe soit égale à la somme des segments extérieurs. Cette détermination est pratiquement fort aisée.

» Si l'on possède seulement un certain nombre de valeurs de la variable, sans autres renseignements sur la loi de probabilité, la valeur médiane est une mesure approchée de la valeur plausible dont l'approximation est donnée par un théorème que nous avons démontré (*Comptes rendus* du 8 janvier 1900).

» De même que les termes *valeur probable* et *moyenne arithmétique* sont pratiquement équivalents, les termes *valeur plausible* et *valeur médiane* peuvent être généralement employés l'un pour l'autre. On démontre facilement que la somme arithmétique des écarts par rapport à la valeur plausible est un minimum; cette propriété est analogue à celle dont jouit la valeur probable par rapport à laquelle la somme des carrés des écarts est un minimum.

» Sans procéder ici à une comparaison approfondie entre la valeur plausible et la valeur probable, il est intéressant de remarquer entre elles une différence essentielle, toute à l'avantage de la valeur plausible.

» Quand on remplace la variable x par une autre variable $y = f(x)$, si l'on désigne par P_x et P_y les valeurs plausibles de x et de y, il est facile de voir que l'on a généralement

$$P_y = f(P_x)$$

pourvu que $f(x)$ soit constamment croissante ou constamment décroissante, dans les limites considérées. La moyenne arithmétique ne jouit d'une propriété analogue que dans le cas très particulier où $f(x)$ est une fonction linéaire. On admet couramment cette forme linéaire quand x désigne un écart d'observation commis par un opérateur habile ; on ne saurait agir ainsi dans le cas plus général envisagé ici, où rien n'autorise à supposer les écarts très petits.

» Un exemple simple mettra bien en évidence les conséquences de la remarque précédente :

» La température plausible déduite d'une courbe thermométrique définit un état thermique du lieu, indépendant de la nature du thermomètre employé, tandis que la température moyenne correspond à un état thermique variable avec le corps thermométrique. Les différences, dans l'exemple choisi, sont pratiquement négligeables; l'importance philosophique de la remarque n'en est pas amoindrie.

» Il suit de là que, quand on veut définir par un nombre une grandeur d'apparence variable, que les variations soient systématiques ou accidentelles, qu'elles soient ou non admises comme telles *a priori*, il paraît plus logique d'adopter la valeur plausible que la valeur moyenne.

» Il est curieux de constater que les artilleurs, appliquant dans leurs spéculations théoriques les méthodes de Bravais, adoptent, comme portée d'un canon tirant sous un angle constant, la portée moyenne, tandis qu'en pratique, sur le champ de tir et au combat, ils adoptent la portée plausible. »

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *A propos de deux problèmes de probabilités.* Note de M. **Andrade**, présentée par M. Appell.

« Je demande à l'Académie la permission de revenir sur une Note relative au calcul des probabilités, insérée aux *Comptes rendus* (2e semestre 1893), et intitulée : *Note sur l'application répétée du théorème de Bernoulli.*

» A la fin de cette Note, et à titre d'exemple, j'ai résumé des calculs qui s'appliquent à un problème de probabilité dont j'ai donné l'énoncé d'une manière incomplète et par conséquent inexacte.

» D'où la rectification suivante :

» L'événement E auquel s'appliquent les calculs que je viens de rappeler doit être défini ainsi :

» On considère kn boules constituant k séries; les numéros respectifs 1, 2, 3, 4, ..., n sont inscrits sur les boules successives d'une même série. On jette ces kn boules dans une urne et l'on demande la probabilité d'obtenir, en les tirant toutes, k suites successives dont chacune comprend n numéros distincts, sans pourtant qu'aucun des ces numéros puisse se trouver égal à son rang de tirage, à un multiple de n près.

» Cette probabilité $\pi(n, k)$ est donnée par la formule

$$(1)\qquad \pi(n,k) = \left[1 + \sum_{i=1}^{i=n} \frac{(-1)^i}{1.2.3\ldots i}\right]^k \frac{(1.2\ldots k)^n (1.2\ldots n)^k}{1.2.3\ldots nk}.$$

» Voici, avec la même urne, composée des mêmes boules, la définition d'un événement P très différent du précédent.

» On demande la probabilité *d'obtenir,* en tirant toutes les boules de l'urne précédente, un tirage dans lequel le rang de sortie d'aucun numéro ne soit égal à ce numéro, à un multiple de n près.

» *Je me suis exclusivement occupé de l'événement* E auquel s'applique la formule (1); et c'est par une erreur de rédaction empruntée à l'un de mes Mémoires que j'ai, dans la Note précitée, substitué l'une à l'autre les définitions de E et de P.

» La probabilité de l'événement P, beaucoup plus difficile à calculer, et celle d'un événement plus général viennent d'être évaluées par M. L.-L. Lindelöf dans un remarquable Mémoire de la Revue *Ofversigt af Finska Vetenskaps Societetens Förhandlingar,* t. XLII; 1899-1900. »

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la méthode de Neumann et le problème de Dirichlet.* Note de M. **W. Stekloff**, présentée par M. Picard.

« Soit (S) une surface fermée ayant les propriétés suivantes :

» 1° En tout point de (S) il existe un plan tangent déterminé;

» 2° Autour de chaque point p_0 de (S) on peut décrire une sphère de rayon D, assez petit mais déterminé, tel qu'une parallèle à la normale n à (S) en p_0 ne puisse rencontrer (S), à l'intérieur de la sphère, qu'en un seul point;

» 3° L'angle aigu ϑ, que font les normales à (S) en deux points p_0 et p de (S), satisfait à la condition

$$\vartheta < ar_0,$$

a étant un nombre indépendant du choix des points p_0 et p, r_0 étant la distance $p_0 p$ (¹);

» 4° A la surface (S) est applicable un théorème de M. Poincaré, que j'appelle *théorème fondamental* et que j'ai déjà énoncé dans ma Note : *Sur les problèmes fondamentaux de la Physique mathématique* (*Comptes rendus,* 6 mars 1899).

» Soit f une fonction donnée, continue sur (S), satisfaisant à la condition $\int f\,ds = 0$, l'intégrale étant étendue à la surface (S) tout entière.

(¹) Compar. A. Liapounoff, *Sur certaines questions qui se rattachent au problème de Dirichlet* (*Journal de Mathématiques,* n° 3; 1898).

» Formons la suite d'intégrales

$$(1)\quad \begin{cases} V_1 = -\frac{1}{2\pi}\int\int f\frac{1}{r}ds, \qquad V_k = -\frac{1}{2\pi}\int \rho_{k-1}\frac{1}{r}ds, \qquad \rho_{k-1} = \frac{\partial V_{k-1}}{\partial n} \\ \qquad\qquad (k = 2, 3, \ldots), \end{cases}$$

où r désigne la distance du point $P(x, y, z)$ au point variable $p(\xi, \eta, \zeta)$ de la surface (S). Par $\frac{\partial f}{\partial n}$ nous entendons, en général, la valeur de l'expression

$$\frac{\partial f}{\partial x}\cos(n, x) + \frac{\partial f}{\partial y}\cos(n, y) + \frac{\partial f}{\partial z}\cos(n, z)$$

aux points de (S), n étant la direction de la normale extérieure à (S).

» En désignant par $\overline{V_k}$ la valeur de V_k sur (S), par ψ l'angle de la droite $\overline{pP}$ avec la normale n au point x, y, z de la surface (S), par φ l'angle de la même droite avec la normale intérieure au point variable ξ, η, ζ de (S), nous aurons, comme je l'ai démontré dans ma Note déjà citée,

$$(2)\quad \begin{cases} \overline{V_k} = \frac{1}{2\pi}\int \overline{V_{k-1}}\frac{\cos\varphi}{r^2}ds, \qquad \rho_k = \frac{1}{2\pi}\int \rho_{k-1}\frac{\cos\psi}{r^2}ds, \qquad \rho_0 = f, \\ \qquad (k = 2, 3, \ldots) \qquad\qquad\qquad (k = 1, 2, 3, \ldots) \end{cases}$$

$$(3)\qquad |\overline{V_k}| < K\lambda^k, \qquad |\rho_k| < M\sigma^k,$$

K et M étant des nombres finis et positifs, λ et σ étant des nombres positifs plus petits que l'unité.

» Supposons qu'on peut considérer f sur (S) comme la limite d'une autre fonction $F(x, y, z)$, continue avec ses dérivées de deux premiers ordres dans tout le domaine (D), limité par (S) [la surface (S) y comprise].

» L'égalité connue de Green

$$o \quad \text{ou} \quad F(x, y, z) = \frac{1}{4\pi}\int\int f\frac{\cos\varphi}{r^2}ds + \frac{1}{4\pi}\int\frac{\partial F_i}{\partial n}\frac{1}{r}ds - \frac{1}{4\pi}\int\frac{\Delta F}{r}d\tau,$$

$d\tau$ étant l'élément du domaine (D), nous montre immédiatement que dans le cas considéré le potentiel de la double couche

$$W_1 = \frac{1}{2\pi}\int\int f\frac{\cos\varphi}{r^2}ds$$

a la dérivée normale intérieure $\frac{\partial W_{1i}}{\partial n}$ ainsi que la dérivée normale extérieure $\frac{\partial W_{1e}}{\partial n}$ sur (S) et que

$$\frac{\partial W_{1i}}{\partial n} = \frac{\partial W_{1e}}{\partial n} = L, \qquad \int L\,ds = o.$$

» Posons dans (1) $f = L$ et formons deux suites d'intégrales

$$(4)\quad \left\{\begin{array}{ll} v_1 = V_1, & v_k = \frac{1}{2\pi}\int \overline{v_{k-1}} \frac{\cos\varphi}{r^2} ds \\ & W_k = \frac{1}{2\pi}\int \overline{W_{k-1}} \frac{\cos\varphi}{r^2} ds \end{array}\right\} \qquad (k = 2, 3, \ldots).$$

» Il est aisé de démontrer que

$$(5)\quad \left\{\begin{array}{l} v_1 = W_2 - W_1 = V_1, \qquad v_k = W_{k+1} - W_{k-1} = V_k + V_{k-1} \\ \qquad \text{à l'intérieur de (S),} \\ v_1 = W_2 + W_1 = V_1, \qquad v_k = W_{k+1} - W_{k-1} = V_k - V_{k-1} \\ \qquad \text{à l'extérieur de (S).} \end{array}\right.$$

» Posons $V = \frac{1}{2}\sum_{k=1}^{\infty}(-1)^{k-1}(W_k - W_{k-1})$, $W_0 = 0$.

» Les séries

$$V_i = \frac{1}{2}\sum(-1)^{k-1}(W_{k,i} - W_{k-1,i}) \quad (^1),$$

$$S = \sum(W_{2k+1,i} - W_{2k,i}), \qquad T = \sum(W_{2k,i} - W_{2k-1,i})$$

convergent absolument et uniformément sur (S) [en vertu de (3) et (5)].

» Par conséquent

$$V_i = \frac{1}{2}(W_{1i} + S - T) = f + \frac{1}{2}\lim_{k=\infty}(\overline{W_{2k+1}} - W_{2k}) = f + \frac{1}{2}\lim_{k=\infty} W_{k,e}.$$

» D'autre part, la méthode de M. Robin, applicable à (S) en vertu de (2), nous donne

$$W_1 = \sum_{k=1}^{\infty}(-1)^{k-1} V_k \quad (^2) \qquad \text{à l'extérieur de (S).}$$

» Mais puisque [en vertu de (3)]

$$W_k = (-1)^{k-1}\{W_1 - [V_1 - V_2 + V_3 - \ldots (-1)^{k-1} V_{k-1}]\} \quad \text{à l'extérieur de (S),}$$

on a

$$\lim_{k=\infty} W_{k,e} = 0.$$

---

(1) Nous désignons, en général, par f_i et f_e les limites, vers lesquelles tend $f(x, y, z)$, quand le point x, y, z tend vers (S) en restant à l'intérieur ou à l'extérieur de (S).

(2) Nous avons ici la solution du problème suivant : *Le potentiel de la double couche étant donné, trouver le potentiel de la simple couche prenant les mêmes valeurs sur* (S).

» Donc, *la série de Neumann*

$$(6) \qquad V = \frac{1}{2}\sum_{k=1}^{\infty}(-1)^{k-1}(W_k - W_{k-1}), \qquad W_0 = 0$$

nous donne la solution du problème intérieur de Dirichlet.

» Supposons que f est seulement continue sur (S). En employant le théorème connu de M. Picard, on peut écrire

$$f = P_1 + P_2 + \ldots + P_s + \ldots,$$

P_s étant des polynomes entiers en x, y, z. Soit U_s une fonction harmonique à l'intérieur de (S) se réduisant à P_s sur (S). On a, comme précédemment,

$$U_s = \frac{1}{2}\sum_{k=1}^{\infty}(-1)^{k-1}(W_k^{(s)} - W_{k-1}^{(s)}),$$

$W_k^{(s)}$ étant des fonctions, définies par les formules (5), si l'on pose P_s au lieu de f.

» Par conséquent

$$f = \frac{1}{2}\sum_{s=1}^{\infty}\sum_{k=1}^{\infty}(-1)^{k-1}(W_{k,i}^{(s)} - W_{k-1,i}^{(s)}) = \frac{1}{2}\sum_{k=1}^{\infty}(-1)^{k-1}(W_{k,i} - W_{k-1,i}).$$

» Donc *la série* (6) *présente une fonction harmonique à l'intérieur de* (S), *se réduisant à f sur* (S), *si f est seulement continue sur* (S).

» On peut démontrer de la même manière que la série

$$-\frac{1}{2}\sum_{k=1}^{\infty}(W_k + W_{k-1})$$

présente une fonction harmonique à l'extérieur de (S) se réduisant à $f + c$, c étant une constante, à la surface (S).

» Nous pouvons donc énoncer le théorème suivant :

» *La méthode de la moyenne arithmétique de Neumann résout le problème de Dirichlet pour toute surface* (S) *satisfaisant aux conditions* 1°, 2°, 3° *et* 4°, *si la fonction donnée f est seulement continue sur* (S). »

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les zéros des intégrales réelles des équations linéaires du troisième ordre.* Note de M. **Davidoglou**, présentée par M. Picard.

« La méthode des approximations successives de M. Picard permet de trouver une limite supérieure pour la distance de deux zéros consécutifs

d'une intégrale réelle de l'équation

$$\frac{d^3y}{dx^3}+p(x)\frac{dy}{dx}+q(x)y=0,$$

dans le cas où il y a lieu d'en chercher une; c'est d'ailleurs une des principales difficultés de la question.

» Considérons d'abord l'équation binome

$$(1) \qquad \frac{d^3y}{dx^3}+q(x)y=0,$$

où $q(x)$ est une fonction continue de x, réelle, et telle qu'à partir de $x=x_0$ on ait

$$q(x)>\alpha>0.$$

Soit y_1 une intégrale de (1) continue ainsi que ses deux premières dérivées : *si elle est positive de a à b et si, de plus, sa dérivée en a est positive ou nulle, elle sera certainement donnée par les approximations successives*. Elle sera donc l'unique intégrale répondant aux mêmes conditions initiales et finale (ordonnée et tangente en $x=a$, ordonnée en $x=b$).

» Une première conséquence est la suivante : il n'existe pas, dans ab, en même temps que y_1, d'intégrale non identiquement nulle, tangente à ox en a et passant en b ou en un point $b_1<b$.

» Une autre conséquence offre une certaine analogie avec le théorème de Sturm pour les équations du deuxième ordre :

» *Si dans ab l'équation*

$$\frac{d^3y}{dx^3}+q(x)y=0$$

admet une intégrale tangente en a à ox et passant en b, et l'équation

$$\frac{d^3z}{dx^3}+q_1(x)z=0$$

une intégrale telle que $\left(\frac{dz}{dx}\right)_{x=a}\geqq 0$, $(z)_a\geqq 0$; *si de plus* $q_1(x)\geqq q(x)$ *dans tout l'intervalle ab, l'intégrale z s'annulera certainement entre a et b.*

» Au moyen de ce théorème, on trouve que la distance ab de deux zéros consécutifs est, à partir de x_0, inférieure ou égale à $\frac{K}{\sqrt[3]{\alpha}}$ (K étant une constante numérique); si l'intégrale est de plus *tangente* en a à ox

$$\frac{K}{\sqrt[3]{\beta}}\leqq\overline{ab}\leqq\frac{K}{\sqrt[3]{\alpha}}$$

en supposant $q(x)\leqq\beta$ pour $x>x_0$.

» En me servant d'une transformation de Combescure qui ramène la forme générale à la forme binome, j'ai trouvé que des considérations identiques s'appliquent aux équations

$$\frac{d^3 u}{dx^3} + p(x)\frac{du}{dx} + q(x)u = 0$$

où

$$\left.\begin{array}{c}\lim\limits_{x=\infty} p(x) = -\alpha < 0, \qquad \lim\limits_{x=\infty} q(x) = \beta > 0, \\ \beta > \alpha^{\frac{3}{2}}\left(\frac{2}{3\sqrt{3}} + \varepsilon\right)\end{array}\right\} \quad (\varepsilon > 0). \text{ »}$$

OPTIQUE. — *Sur la constitution de la lumière blanche.* Note de M. E. **Carvallo**, présentée par M. Lippmann.

« 1. Dans la séance du 29 janvier, M. Gouy a communiqué à l'Académie une réponse à mes deux Notes des 8 et 15 janvier sur ce sujet. Malgré ma haute estime pour le talent de M. Gouy et sa compétence toute spéciale dans la matière, malgré une lecture attentive de sa Note, je n'arrive pas à être de son avis. Ma deuxième Note, exposant les idées plus ou moins hypothétiques qui découlent naturellement de la première, je n'y reviens pas, pour m'attacher, avec M. Gouy, à ma première Note.

» 2. La vibration amortie, dit M. Gouy, n'est pas bien représentée par l'expression analytique $e^{-kt}\sin ht$, laquelle conduit à une absurdité quand on remonte indéfiniment dans le passé. On ne peut pas être en désaccord sur ce point. En effet, je l'ai dit dans ma Note du 8 janvier (p. 80), l'élongation de la vibration amortie naissant à l'époque t_0 est représentée par le système de formules

$$\xi = 0 \quad \text{pour} \quad t < t_0, \qquad \xi = e^{-kt}\sin ht \quad \text{pour} \quad t \geqq t_0.$$

De même, si la vibration est brusquement interrompue à l'époque t_1, il faudra borner l'application de la formule $e^{-kt}\sin ht$ aux limites t_0 et t_1.

» A ces deux époques t_0 et t_1 répondent des périodes troublées, périodes d'établissement et de cessation du phénomène de diffraction. Les calculs ne s'appliquent pas à ces périodes; mais nous sommes d'accord pour dire qu'elles sont très courtes relativement à la durée $t_1 - t_0$. A cette durée, diminuée des périodes troublées, M. Gouy applique son calcul, et il a raison sur ce point spécial de durée; mais il ne montre pas que le mien est inapplicable, et je ne vois pas comment il pourrait le démontrer, puisque c'est

le même calcul [1] qu'il est obligé de faire pour les composantes sinusoïdales de Fourier.

» 3. D'autre part, M. Gouy ne répond pas explicitement à la critique exposée dans l'avant-dernier alinéa de ma Note du 8 janvier. Sans doute, il regarde comme une réponse ce théorème exposé par lui en 1886 [2], et qu'il rappelle :

» *Dans une lumière d'intensité constante, l'intensité moyenne du mouvement résultant est la somme des intensités moyennes des composantes de Fourier.*

» Bien entendu, ce théorème de Physique est basé sur une formule d'Analyse. Certes, cette formule et son importance ne m'ont pas échappé; elle justifie ce fait que, dans un son complexe, l'oreille sait reconnaître les harmoniques du son fondamental; mais l'application qu'en fait M. Gouy me laisse des doutes.

» Le théorème d'Analyse, incontestable, est celui-ci :

» *Un mouvement représenté par la fonction* $F(t)$ *définie entre les limites* o *et* T *peut être décomposé en une série de Fourier dont les termes ont pour périodes* T *et ses sous-multiples. La force vive moyenne de* $F(t)$ dans le temps T *est égale à la somme des forces vives moyennes des composantes de Fourier.*

» On pourrait appliquer une autre série de Fourier à un intervalle comprenant le précédent (o, T). Le théorème resterait vrai, non plus pour l'intervalle (o, T), mais pour celui qui a donné naissance à la nouvelle série. En particulier, si l'on représente la fonction $F(t)$ par l'intégrale de Fourier, le théorème n'est vrai que pour un temps infini.

» Quel est donc l'intervalle (o, T), dans lequel M. Gouy applique le théorème d'Analyse au cas de la lumière? C'est à coup sûr un intervalle assez grand pour que la force vive moyenne du mouvement lumineux atteigne la valeur constante de l'intensité de la lumière considérée. Or, la constance d'une lumière, M. Gouy sera certainement de mon avis, est due, non pas à une propriété spéciale d'une perturbation isolée, mais à une propriété moyenne d'un nombre extrêmement grand de *coups de marteau*. Dès lors, l'intervalle (o, T) envisagé par M. Gouy embrasse un

---

[1] Le même calcul, à des imaginaires près. Le raisonnement relatif à ces imaginaires et qui, dans ma Note du 8 janvier, remplace le calcul dans un but de concision, a donné lieu à de fausses interprétations qui m'ont été soumises. Le calcul lui-même paraîtra prochainement dans le *Journal de Physique*.

[2] Gouy, *Journal de Physique*, 2e série, t. V, p. 354.

ensemble de perturbations très complexe. Chacune naît brusquement et s'éteint pour être remplacée par une autre, et cela en chaque point incandescent.

» Je ne crois pas légitime d'appliquer la formule de Fourier à un ensemble aussi confus et rempli de discontinuités de toutes sortes.

» 4. Pour terminer, j'indiquerai une expérience qui pourrait trancher le différend. Réduisons le spectroscope à un réseau concave, et agrandissons-le dans le rapport des longueurs d'onde acoustiques aux longueurs d'onde optiques. Enfin remplaçons la source lumineuse par un diapason.

» Si le diapason est entretenu électriquement, il produira une vibration sinusoïdale. Au foyer du spectroscope, on devra trouver des points sonores analogues aux raies fournies par une lumière monochromatique. Cessons ensuite d'entretenir le diapason ; sa vibration est amortie et l'on conçoit que certains procédés permettent de varier et de régler l'amortissement. Trouvera-t-on un spectre sonore? Alors, il faudra se ranger à l'avis de M. Gouy. Observera-t-on, au contraire, partout le même son, avec une intensité variable suivant le point de la surface focale, le son s'éteignant d'ailleurs à mesure que le diapason lui-même s'éteint? Alors c'est mon calcul qui sera vérifié par l'expérience. Malheureusement les dimensions du spectroscope acoustique dépassent les moyens dont je dispose; mais l'expérience semble réalisable. »

OPTIQUE. — *Sur quelques conséquences des formules du prisme.* Note de M. **A. de Gramont**, présentée par M. A. Cornu.

» Au cours de recherches sur la dispersion dans les spectroscopes à un prisme [1], j'ai représenté graphiquement les valeurs des déviations successives D d'un rayon réfracté, lorsqu'on fait varier l'angle e du rayon incident avec la normale à la face d'entrée du prisme, d'angle réfringent A. Les valeurs des incidences e ont été portées en ordonnées de 0° à 90°, et celles des déviations D en abscisses à partir de 0, c'est-à-dire de la direction du rayon incident. Ces déviations avaient été obtenues simultanément par le calcul avec les formules bien connues, dites *du prisme*, en fonction de l'indice n, et, d'autre part, au moyen de mesures directes effectuées sur un cercle goniomètre donnant facilement la minute. La position de la face

(1) Voir *Comptes rendus*, 26 juin 1899.

d'entrée du prisme, par rapport au collimateur fixe fournissant le rayon incident, avait été déterminée, pour l'incidence normale, par le procédé de la coïncidence des images d'un réticule transmises et réfléchies dans le collimateur [1]. Les déplacements du prisme, à partir de cette position prise pour origine, étaient repérées sur le cercle par la lecture du vernier de l'alidade de la plate-forme porte-prisme. Dans les limites d'exactitude du dispositif expérimental, c'est-à-dire à une minute près, la concordance entre le calcul et les mesures est complète. Les courbes ainsi obtenues pour diverses radiations simples, et construites à l'échelle de 1^{mm} pour $6'$ d'arc, ont été réduites ici dans cette figure au $\frac{1}{15}$ environ.

» On n'a représenté en $E_r m E'$ que la courbe de la raie rouge de l'hydrogène C ($\lambda = 656,3$; $n = 1,6447$) et celle de la plus réfrangible du doublet violet de l'aluminium Al_2 ($\lambda = 394,4$; $n = 1,6872$) en $E_{r_1} m_1 E_{l_1}$. Voici quelques propriétés de ces courbes de déviation :

» *Droite des minima.* — 1° Le point de chaque courbe correspondant au minimum de déviation est situé sur une droite commune à toutes ces courbes.

» 2° Cette *droite des minima* fait, avec l'axe des abscisses-déviations, un angle ($\omega = 26° 33' 54''$) dont la tangente est égale à un demi;

» 3° Elle rencontre cet axe des déviations en un point dont l'abscisse $-$ A est égale à l'angle réfringent du prisme.

» Ces propriétés de la droite des minima découlent directement de l'expression particulière des formules du prisme dans le cas du minimum de déviation, où l'angle d'incidence e égale l'angle d'émergence e'. Soient e_m cette valeur et D_m celle de la déviation minimum, nous aurons pour deux indices différents :

$$(1) \qquad \left\{ \begin{aligned} 2e_m &= A + D_m \\ 2e_{m_1} &= A + D_{m_1} \end{aligned} \right\}, \qquad \text{d'où} \qquad \frac{e_{m_1}}{A + D_m} = \frac{e_{m_1}}{A + D_{m_1}} = \frac{1}{2}.$$

» Considérons maintenant une incidence quelconque e; les formules du prisme sont symétriques en e et e' et pour une même déviation D ces valeurs peuvent s'échanger. C'est l'expression du fait expérimental du retour inverse des rayons. Par suite de cette réversibilité, l'ordonnée correspondant à une déviation D coupera la courbe en deux points E et E' tels que DE et DE' représenteront les valeurs réciproques de e et de e'. Nous avons dans le cas général

$$(2) \qquad e + e' = A + D \qquad \text{ou} \qquad \frac{\frac{1}{2}(e + e')}{A + D} = \frac{1}{2};$$

---

(1) Ce procédé a été imaginé par M. Cornu pour l'observation par réflexion sous l'incidence normale des prismes (*Annales de l'École Normale supérieure*, 2e série, t. IX) et des réseaux [*Étude sur les bandes telluriques du spectre solaire* (*Annales de Chimie et de Physique*, 6e série, t. VII, p. 48; 1886)].

mais la demi-somme de e et de e' est l'ordonnée du point milieu de la corde qui a pour abscisse D; il en serait de même pour toute autre déviation D_1, donc :

» Les points milieux de toutes les cordes parallèles aux ordonnées sont sur la droite des minima qui est, pour chaque courbe, le diamètre conjugué de la direction de l'axe des incidences.

» L'équation (1) est le cas particulier de (2) où $e = e'$. L'ordonnée e_m détermine un point de tangence à la courbe sur le diamètre considéré.

» *Droites des émergences.* — Si pour une même incidence e, nous envisageons simultanément deux courbes, c'est-à-dire deux radiations d'indices différents, nous aurons deux déviations D et D_1 dont les émergences respectives seront e' et e'_1, et les relations

$$(3) \quad \begin{cases} A + D = e + e', \\ A + D_1 = e_1 + e'_1, \end{cases} \quad \text{d'où} \quad D_1 - D = e'_1 - e' \quad \text{ou} \quad \frac{D_1 - D}{e'_1 - e'} = 1;$$

la relation (3) nous montre que la droite qui joint les points de deux courbes correspondant aux émergences d'une incidence commune a pour tangente l'unité, et par suite est inclinée à 45° sur les axes. Nous pourrons énoncer ce résultat en disant :

» 1° Pour une même incidence, les points d'émergence E' et E'_1 de deux radiations d'indices différents sont sur une même droite à 45°.

» 2° Les différences des angles d'émergence sont égales aux différences des angles de déviation. Les unes pourront être indifféremment substituées aux autres pour la mesure de la dispersion.

» En effet, la dispersion d'un spectre obtenu pour une incidence quelconque sera immédiatement représentée par la distance des points tels que E' et E'_1 successivement déterminés, sur toutes les courbes représentatives des radiations de ce spectre, par une droite à 45°. La position de celle-ci sera déterminée par le point d'émergence d'une seule radiation.

» *Droite des limites.* — L'incidence rasante ou $e_r = 90°$ est un cas particulier de la relation (3), où les points d'incidence E_r et E_{r_1}, correspondent aux émergences limites E_l et E_{l_1}, au delà desquelles le rayon considéré ne sortira plus du prisme. On a ainsi des déviations telles que D_l, *maximum de déviation*, donné à la fois par l'incidence rasante pour toutes les radiations, et aussi, pour chacune d'entre elles séparément, par son incidence limite qui correspond à l'émergence rasante. Les points d'incidence ou émergence limite seront donc situés, pour toutes les courbes, sur une droite à 45°, droite des limites, au delà de laquelle, avec le prisme considéré, aucune radiation n'aura plus de point d'émergence.

» La droite des minima et la droite des limites se coupent en C sur celle de l'incidence (ou émergence) rasante. En effet, dans les triangles semblables CE_rE_l et $CE_{r_1}E_{l_1}$, la droite des minima partageant les bases E_rE_l et $E_{r_1}E_{l_1}$ en parties égales, elle se trouve médiane de ces triangles et concourt, en un même point, avec la droite des limites et la droite de l'incidence rasante. On démontrerait de même que toute droite d'incidence telle que EE_1 rencontre la droite d'émergence correspondante $E'E'_1$ sur celle des minima.

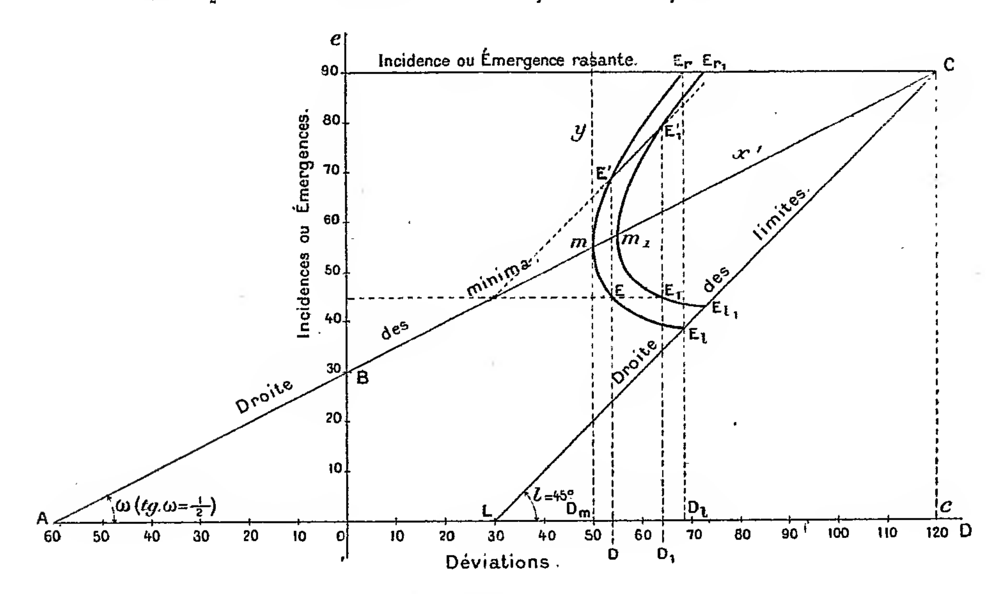
» L'ensemble des propriétés que nous venons de reconnaître à ces courbes est indépendant de l'angle A du prisme et de la nature de sa substance.

» Si $A = 60°$, comme dans la figure, on démontrera aisément que le point C de la

droite des minima et de celle des limites a pour abscisse 120°, que la droite des limites coupe l'axe des abscisses-déviations au point L à 30°, et que la droite des minima coupe l'axe des ordonnées-incidences au point B à 30°.

» Voici quelques données obtenues avec un prisme de densité 3,9; elles correspondent à la figure présentée ici.

	Déviation minimum.	Incidence au minimum.	Déviation maximum.	Incidence limite.
Raie C.........	50°36′30″	55°18′	69°6′	39°5′
Raie Al_2.......	55°2′	57°30′	72°35′	42°34′



» J'ajouterai, en terminant, que ces courbes de déviation, assimilables à des arcs de parabole du deuxième degré dans une petite étendue au voisinage de la droite des minima, sont des courbes transcendantes dont l'équation est assez compliquée. »

OPTIQUE. — *Nouvelle source de lumière pour la spectrométrie de précision.* Note de MM. **Ch. Fabry** et **A. Perot**, présentée par M. A. Cornu.

« Une raie spectrale ne correspond jamais à une radiation unique, mais bien à une série de radiations très voisines formant une raie plus ou moins fine, mais de largeur finie. Quel que soit le procédé employé pour déterminer la longueur d'onde, la largeur de la raie limite la précision de la

mesure. On pourra être tenté de mesurer la longueur d'onde du milieu de la raie; mais si, comme cela arrive souvent, la répartition de la lumière n'est pas symétrique, ce milieu est mal défini. L'expérience montre en outre que dans ce cas, sous des influences difficiles à préciser (quantité de matière, pression, température), l'élargissement dissymétrique peut s'accentuer, ce qui a pour effet de déplacer le *centre de gravité* de la raie; la mesure perd alors toute signification précise. De plus, certaines raies sont multiples à composantes très rapprochées et l'éclat relatif de ces composantes est sujet à varier. Si l'appareil dispersif n'est pas assez puissant pour séparer ces composantes, c'est encore un centre de gravité plus ou moins mal défini que l'on mesure, et la longueur d'onde de ce centre sera altérée par une variation de l'éclat relatif des composantes ([1]).

» Ces considérations suffisent à montrer l'intérêt qu'il y a, pour des expériences spectrométriques précises, à employer des sources de lumière donnant des raies aussi fines que possible, et à séparer toutes les composantes existantes, pour faire porter la mesure sur une raie bien déterminée. Les méthodes interférentielles pour la mesure des longueurs d'onde ont ceci de particulier que, dans chaque cas, leur puissance est limitée uniquement par la largeur de la raie que l'on mesure; on peut toujours obtenir la longueur d'onde avec une précision égale à celle que la nature de la radiation ne permet pas de dépasser. Rappelons aussi que, grâce à l'emploi de nos méthodes basées sur les phénomènes d'interférence par lames argentées, on peut, si une raie est multiple, mesurer séparément la longueur d'onde des diverses composantes, la précision de chaque mesure étant limitée par la largeur de chaque raie.

» L'emploi de flammes contenant une vapeur métallique (N*a*, L*i*, etc.) est limité à un assez petit nombre de substances et ne donne que de très médiocres résultats au point de vue de la finesse des raies. La méthode de M. Michelson (illumination d'un gaz à faible pression par une décharge électrique) donne, au contraire, des raies remarquablement fines, mais elle n'est applicable qu'à quelques substances volatiles.

» Le seul procédé général pour obtenir les spectres des métaux consiste dans l'emploi d'une décharge électrique ou d'un arc jaillissant entre deux pôles contenant le métal à étudier.

» La décharge d'induction (avec condensateur en dérivation) donne des

---

([1]) Des faits de cette nature peuvent expliquer bien des différences entre les longueurs d'onde mesurées par différents observateurs.

spectres composés de raies assez larges ne permettant pas d'observer d'interférences au delà de quelques milliers de longueurs d'onde de différence de marche. Il est probable que la température d'émission est extrêmement élevée. La décharge est oscillante (même lorsqu'on n'a pas introduit de self-induction dans le circuit) et ne dure qu'un temps extrêmement court, l'énergie potentielle du condensateur est dépensée pendant ce temps et la température produite est très élevée. L'introduction d'une self-induction dans le circuit a pour effet d'allonger la période, ainsi que la durée de la décharge, et, par suite, d'abaisser la température. On obtient alors des spectres qui, comme l'a montré M. Hemsaleck (¹), se rapprochent de ceux que donne l'arc électrique, au point de vue de l'éclat relatif des diverses raies; en même temps les raies deviennent moins larges, sans cependant permettre l'observation d'interférence au delà de quelques millimètres de différence de marche.

» Avec l'arc électrique, les raies ont encore une largeur notable. On augmente beaucoup leur finesse en plaçant l'arc dans le vide. C'est d'ailleurs un fait assez général que tout accroissement de pression élargit les raies.

» La production d'un arc *continu* dans le vide présenterait quelques difficultés à cause de la nécessité de rapprocher constamment les pôles, et de la grande quantité de chaleur dégagée. Nous avons construit un appareil qui permet d'obtenir un résultat équivalent.

» Deux morceaux du métal à étudier sont reliés aux pôles d'une batterie d'accumulateurs (60 volts); l'un d'eux, porté par une lame élastique, est animé d'un mouvement oscillatoire, qui le fait venir en contact avec l'autre et l'éloigne aussitôt. A chaque séparation, il se produit un arc, qui s'éteint, pour se rallumer au contact suivant; comme le battement est très rapide, la lumière paraît continue. Sur le circuit est intercalé un rhéostat et une self-induction (primaire d'une bobine de Ruhmkorff), pour accroître l'étincelle de rupture. Le mouvement alternatif du pôle mobile est produit par l'attraction d'un électro-aimant sur une armature de fer. Tout l'appareil est enfermé dans une enceinte close, dans laquelle on fait le vide (²).

» Le plus souvent, il suffit que le pôle + soit fait du métal à étudier; le pôle — est en fer recouvert de cuivre ou d'argent.

» Pour les métaux très fusibles (sodium par exemple) on peut employer un alliage.

(¹) *Journal de Physique*, 3e série, t. VIII, p. 653.

(²) L'appareil dont nous nous sommes servis était en verre; M. Jobin s'est chargé de construire un modèle définitif en métal, fermé par devant par une lame de verre (ou de quartz, pour l'étude de l'ultra-violet).

» Les spectres que l'on obtient ainsi sont à peu près identiques à ceux que donne l'arc électrique; ils sont beaucoup moins complexes que ceux que donne la décharge d'induction avec capacité. Avec le cadmium, par exemple, on a seulement dans le spectre visible les quatre raies utilisées par M. Michelson, et non les nombreuses raies que donne la décharge induite entre pôles de cadmium, ou les tubes de M. Hamy. Toutefois certaines raies s'affaiblissent beaucoup lorsque la pression diminue. Pour l'argent, par exemple, à côté de la belle raie verte $\lambda = 546^{\mu\mu},55$, existe lorsque l'arc est produit dans l'air à la pression atmosphérique une intensité très notable $\lambda = 547^{\mu\mu},16$; cette raie est presque supprimée dans le vide. Le raie jaune du cuivre ($\lambda = 578^{\mu\mu},21$) est double (distance des composantes $0^{\mu\mu},0069$); la composante de plus petite longueur d'onde s'affaiblit beaucoup aux basses pressions.

» La lumière produite dans le vide donne des spectres composés de raies très fines. Le spectre de l'argent, par exemple, est formé principalement de deux belles raies vertes ($\lambda = 546^{\mu\mu},55$ et $\lambda = 520^{\mu\mu},91$), avec la lumière desquelles on peut voir de belles interférences à 12^{cm} de différence de marche. Ces raies sont simples, comme la plupart de celles que nous avons observées avec d'autres métaux.

» Nous avons d'ailleurs vérifié, dans le cas de la raie verte du mercure, que la longueur d'onde de cette radiation, émise par notre trembleur à étincelles, est exactement la même que lorsqu'elle est produite par un tube de Michelson ou par l'*arc au mercure dans le vide*. Il en est très probablement de même toutes les fois que les deux méthodes sont applicables, pourvu que l'émission se fasse toujours dans un milieu à basse pression (¹).

» Nous avons mesuré avec toute la précision possible les longueurs d'onde de quelques-unes de ces radiations. La méthode suivie et les résultats obtenus feront l'objet d'une prochaine Communication. »

ÉLECTRICITÉ. — *Comparaison de diverses formes de l'interrupteur de Wehnelt.* Note de M. **Albert Turpain**, présentée par M. Mascart.

« Un interrupteur rapide, durable, régulier, capable de supporter des courants intenses, permet d'entretenir en activité un excitateur d'ondes électriques d'une manière durable et régulière. J'ai étudié comparativement à ces divers points de vue l'interrupteur de Foucault et différentes formes de l'interrupteur de Wehnelt. Pour cela, j'ai mesuré le maximum de

---

(¹) On sait que lorsqu'on augmente la pression du gaz dans lequel est plongée la source, toutes les raies se déplacent vers le rouge (Humphreys et Mohler, *Astrophysical Journal*, t. III, p. 114; 1896).

longueur d'étincelle et le maximum de longueur d'étincelles en forme de chenille qu'on peut obtenir avec une même bobine de Ruhmkorff, en faisant varier l'intensité du courant envoyé dans le primaire de la bobine. La détermination de la première limite (aigrette-étincelle) permet d'apprécier la puissance, celle de la deuxième limite (étincelle-chenille) permet d'apprécier la rapidité. La constance de ces longueurs limites indique la régularité.

» Interrupteur Foucault. — Pour obtenir l'étincelle-chenille, il faut faire vibrer la tige de l'interrupteur avec la plus grande rapidité possible. Pour de fortes intensités, on est limité quant à la rapidité des interruptions, si l'on veut conserver leur régularité. Lorsqu'on réduit alors la distance explosive, on passe de l'étincelle ordinaire à une étincelle entourée d'une gaine de flammes sans atteindre l'étincelle-chenille.

» Interrupteur Wehnelt a fil de platine. — L'emploi d'un long fil de platine rend les interruptions irrégulières; pour des courants intenses, le fil rougit, la caléfaction se produit, l'interrupteur cesse de fonctionner. Un fil court (1^{mm} à 3^{mm}) donne un interrupteur rapide, régulier et ne se caléfiant pas. Il est toutefois difficile d'empêcher la rupture de la soudure du platine au tube de verre qui le supporte, rupture d'autant plus fréquente que le courant est plus intense. On retarde cette rupture sans l'éviter, en garnissant la soudure d'une couche de mastic Golaz. Cet inconvénient empêche l'interrupteur à fil de platine d'être durable.

» Interrupteur Wehnelt sans électrode filiforme. — Deux vases d'inégales grandeurs, dont le plus petit est percé d'un ou plusieurs trous de 1^{mm} à 2^{mm} de diamètre, disposés à l'intérieur l'un de l'autre, remplis d'une solution d'acide sulfurique au dixième et contenant chacun une électrode formée par une lame de plomb, constituent un interrupteur du genre Wehnelt.

» Ce dispositif a été indiqué récemment par M. Caldwell (¹), puis par M. Simon (²).

» Il y a intérêt à employer un vase percé du plus grand nombre de trous possible, les trous ayant le plus petit diamètre possible.

» En disposant trois vases d'inégales grandeurs, intérieurs les uns aux autres, percés de trous à l'exception du vase extérieur et contenant chacun une électrode formée d'une lame de plomb, on réalise un interrupteur pouvant fonctionner avec des différences de potentiel variables. Si le vase intérieur porte trois trous et le vase moyen six trous, en employant 50 volts on fonctionne avec l'électrode intérieure et l'électrode moyenne; pour 120 volts, on se sert de l'électrode moyenne et de l'électrode extérieure; avec 240 volts, on utilise l'électrode intérieure et l'électrode extérieure.

» *Dégagement gazeux au sein de l'interrupteur.* — Dans l'interrupteur à fil de platine, on recueille de l'oxygène au voisinage du fil tant qu'il y a électrolyse et que l'interrupteur ne fonctionne pas. Dès que l'interrupteur fonctionne, un mélange détonant d'hydrogène et d'oxygène se dégage au voisinage du fil.

(¹) Caldwell, *The Electrical Review*, t. XLIV, p. 837.
(²) Simon, *Wiedemann's Annalen*, t. LXVIII, p. 860.

» Dans l'interrupteur à orifices, avant le fonctionnement, aucun dégagement gazeux ne se produit au voisinage des trous, l'anode dégage de l'oxygène; la cathode, de l'hydrogène. Dès que l'interrupteur fonctionne, au voisinage des trous qui deviennent lumineux on recueille un mèlange détonant.

» Dans un interrupteur à orifices, dont les électrodes sont des lames de cuivre et le liquide du sulfate de cuivre, on recueille pendant le fonctionnement un mélange détonant au voisinage des trous. Un interrupteur à fil de cuivre et à sulfate de cuivre fonctionne en dégageant au voisinage du fil un mélange détonant. Ces faits mettent hors de doute que l'électrolyse ne joue aucun rôle dans le fonctionnement de l'interrupteur à fils ou à orifices.

» Mesures. — Les mesures ont donné les résultats suivants :

	Dimensions du fil.			Longueurs limites.		
	Diamètre.	Longueur.	Intensités.	Aigrette-étincelle.	Étincelle-flammes.	Étincelle-chenille.
			amp	cm	cm	cm
(Foucault)			7	20	7	»
			8,25	25	9	6
			10,75	31,5	13	8,5
			13,50	36,5	15,5	13
			17,50	40	22	»
			20	41	25	»
	mm	mm	amp	cm		cm
(Wehnelt à fil)	0,7	5,25	7,25	17 à 20	»	4 à 6
	0,7	4	8,25	18 à 20	»	7 à 9
	1,2	1,5	6,50	19cm,5	»	14cm
	1	2	4,50	22	»	14,5
	Nombre de trous.		amp	cm		cm
(Wehnelt à orifices)	1		3,50	23	»	7
	2		3,75	25,3	»	7
	3		5,50	29,5	»	15
	4		7	31,5	»	23
	5		7,50	31,5	»	19
	6		8	29	»	16
	7		15	30,5	»	15

» Conclusions. — Au point de vue de la *durée* et de l'*économie*, l'interrupteur de Wehnelt à orifices doit être préféré à l'interrupteur à fil de platine.

» Tous les deux sont préférables à l'interrupteur de Foucault, tant à ces points de vue qu'à ceux de la *commodité* et de la *rapidité*.

» Quant à la *régularité* et à la *puissance*, le Foucault, dans les limites de vitesse entre lesquelles il fonctionne, ne le cède pas au Wehnelt. Il permet, en outre, de faire varier à volonté le nombre des interruptions par seconde. »

PHYSIQUE. — *Sur les courants thermomagnétiques*. Note de M. G. **Moreau**, présentée par M. J. Violle.

« Dans une Note précédente (¹), j'ai cherché à relier l'effet thermomagnétique de Nernst à l'effet Hall. En appelant pour la même lame métallique K et c les coefficients des deux effets, σ et ρ la chaleur spécifique d'électricité et la résistance spécifique, j'ai établi la formule

$$K = \frac{\sigma c}{\rho}. \tag{1}$$

» J'ai montré que cette formule était très sensiblement vérifiée avec les nombres de Nernst et qu'une vérification plus rigoureuse nécessitait la détermination de K, c, σ et ρ pour le même échantillon de chaque métal étudié. Mes observations ont été faites à différentes températures avec des lames de fer, d'acier, de cobalt et de nickel, métaux pour lesquels ρ et σ varient *faiblement sous l'action du champ magnétique*. Je n'indiquerai dans cette première Note que les résultats relatifs aux trois premiers métaux, me réservant de revenir, dans une Communication prochaine, à ceux du nickel.

» Dans le champ horizontal d'un fort électro-aimant Weiss, la lame mince est placée verticalement et normalement aux lignes de force. Elle est isolée thermiquement des armatures par des plaques de liège et d'amiante. Son extrémité inférieure plonge dans un bain de mercure à température constante. Son extrémité supérieure est encastrée dans une forte barre de cuivre, horizontale et chauffée en un point. On obtient ainsi dans la lame un flux calorifique vertical, constant à l'état permanent. Dans la région centrale du champ, trois sections de la lame, horizontales et équidistantes, sont garnies chacune de deux couples platine-cuivre, soudés sur les bords. Ils donnent pour chaque section la température moyenne et, par suite, la chute $\frac{\Delta t}{\Delta x}$ pour la section

---

(¹) *Comptes rendus*, 15 janvier 1900. Quand j'ai publié cette Note, j'ignorais le Mémoire de M. Voigt, dont la réclamation de priorité insérée au dernier numéro des *Comptes rendus* est parfaitement justifiée. Il y a toutefois entre nos deux travaux une différence que je demanderai la permission de montrer prochainement.

médiane. Les deux fils de cuivre des couples de cette dernière section sont reliés à un galvanomètre de Nobili gradué en forces électromotrices. On peut ainsi mesurer la *force électromotrice transversale thermomagnétique* correspondant à une chute $\frac{\Delta t}{\Delta x}$, un champ H et une température t.

» Pour la même section médiane, l'effet Hall est évalué en superposant au flux calorifique un courant électrique primaire I mesuré par un ampère-mètre de Hartmann étalonné. L'effet transversal obtenu est la somme ou la différence des deux effets, soit l'effet Hall.

» Voici les résultats obtenus avec des lames de fer doux, d'acier doux et de cobalt. Ces lames ont été soigneusement recuites.

» I. L'effet thermomagnétique et l'effet Hall sont exactement proportionnels à l'aimantation de la plaque. Les coefficients K et c sont *constants* pour le fer jusqu'à 16000 unités pour le champ extérieur; pour l'acier et le cobalt jusqu'à 9000 et 10000 unités. Pour des champs plus élevés ils décroissent graduellement. Ces résultats, pour l'effet Hall sont analogues à ceux de Kundt [1].

» II. Entre 0° et 60°, températures limites des observations, les coefficients K et c varient linéairement avec la température.

» En posant

$$(2)\qquad \begin{cases} 10^5.c = A + Bt, \\ 10^5.K = A_1 + B_1 t, \end{cases}$$

on a

	A.	B.	A_1.	B_1.	Temp. d'inversion c.	Temp. d'inversion K.	Moyenne.
Fer doux recuit	+837	+ 6,5	— 64,6	—0,39	—128°	—165°	—146°
Acier doux recuit........	+662	+11,2	— 59,6	—0,92	— 59	— 64	— 62
Cobalt recuit............	+232	+ 4,05	— 80	—1,82	— 57	— 44	— 50,5
Cobalt non recuit........	+399	+ 7,8	—146	—2,7	— 51	— 54	— 52,5

» Pour les coefficients des formules (2) le signe + correspond au sens de l'action électromagnétique du champ sur le courant primaire de Hall. Les températures dites *d'inversion* des dernières colonnes du Tableau précédent ont été obtenues en égalant à zéro les coefficients c et K dans les formules (2). Si l'on tient compte de la difficulté des observations, car les effets à mesurer sont très faibles, on peut regarder comme *identiques* les températures d'inversion des deux effets pour chaque métal. C'est d'ailleurs une conséquence de la formule (1). S'il en est ainsi, le rapport $\frac{c}{K}$ est indépendant de t et aussi $\frac{\sigma}{\rho}$. Comme d'ailleurs σ est proportionnel à la température absolue, ρ doit l'être aussi. On retrouve la loi de proportionnalité de la résistance à la température absolue à peu près vérifiée pour les métaux purs à l'état solide.

---

(1) *Wiedemann Annalen,* t. XLIX; 1893.

» III. *Les trois métaux vérifient la formule* $K = \frac{\sigma c}{\rho}$ *à toute température comprise entre* 0° *et* 60°.

» D'après les formules (2), $\frac{c}{K}$ est indépendant de t. J'ai calculé pour chaque métal la moyenne du rapport $\frac{c}{K}$ observé à différentes températures. Si φ est cette moyenne, on a :

$$\rho = \sigma\varphi,$$

d'où au zéro centigrade

$$\rho_0 = \sigma_0\varphi. \tag{3}$$

» Avec des bandes découpées dans les lames qui ont servi aux expériences indiquées plus haut, j'ai déterminé pour chaque métal la résistivité dans la glace fondante et étudié entre 0° et 100° le pouvoir thermo-électrique par rapport au plomb. Ayant ainsi ρ_0 et σ, j'ai pu comparer le ρ_0 observé au ρ_0 calculé d'après la formule (3). Voici les résultats :

	φ.	σ.	$\rho = \sigma\varphi$.	ρ_0 calculé.	ρ_0 observé.
Fer doux recuit.....	−13,22	− 3,68 T	48,149 T	13281	13952
Acier doux recuit...	−11,38	− 3,54 T	40,285 T	10997	10990
Cobalt recuit.......	− 2,57	−13,9 T	37,252 T	10169	10253
Cobalt non recuit...	− 2,68				

» Dans ce tableau, T désigne la température absolue.

» Les valeurs de φ sont connues à $\frac{1}{30}$ de leur valeur. On peut alors regarder l'accord comme établi entre les nombres des deux dernières colonnes et par suite la formule (1) comme vérifiée en signe et en grandeur.

» On remarquera que le recuit n'a pas modifié, pour le cobalt, le rapport $\frac{c}{K}$, bien qu'il ait modifié considérablement les valeurs des coefficients c et K, ainsi que l'indiquent les formules (2). Comme d'ailleurs les variations de K s'expliquent par celles de c, puisque l'effet Hall est le phénomène primordial, on est en droit d'admettre que l'état moléculaire de la plaque a une influence considérable sur la valeur de c. Ceci me paraît être une nouvelle preuve que le phénomène de Hall est dû à une déformation de la plaque sous l'influence du champ magnétique et suffit à expliquer les différences, souvent très grandes, observées entre les valeurs de c, pour un même corps, par différents expérimentateurs. »

CHIMIE ORGANIQUE. — *Synthèse totale de la phorone de l'acide camphorique* [1]. Note de M. L. **Bouveault**, présentée par M. Grimaux.

« Obtenue pour la première fois par Laurent, étudiée par Gerhardt et Liès-Bodart, la phorone $C^9H^{14}O$ a été plus récemment l'objet d'un important travail de MM. W. Kœnigs et A. Eppens (*D. chem. Ges.*, t. XXV, p. 260 et 810). Le résultat de leurs recherches a conduit ces derniers à représenter la phorone par le schéma

$$\begin{array}{ccccc} & & CO & & \\ & \diagup & & \diagdown & \\ CH^3-CH & & & & C=C\begin{matrix}\diagup CH^3 \\ \diagdown CH^3\end{matrix} \\ | & & & & | \\ CH^2 & - & - & - & CH^2 \end{array}$$

qui a été généralement adopté. Ils l'ont de plus caractérisé par un dérivé tribromé $C^9H^{13}Br^3O$ ou $C^9H^{11}Br^3O$ cristallisé et fondant à 49°-52° et surtout par son oxime fusible à 121°. Ces deux savants ont donné à cette oxime la formule normale $C^9H^{14}AzOH$, mais depuis M. Kup (*Lieb. Ann.*, t. CCXC, p. 123) a fait voir que ce composé répondait à la formule

$$C^9H^{14}AzOH + H^2O.$$

» On sait que les acétones contenant le groupement $-CO-CH^2$ jouissent de la propriété de se condenser avec l'aldéhyde benzylique, même quand ce groupement fait partie d'une chaîne fermée; l'acétone ordinaire peut aussi, quoique plus difficilement, se condenser avec ces mêmes acétones sous l'influence de l'éthylate de sodium (O. Wallach, *D. chem. Ges.*, t. XXIX, p. 1601 et 1955).

» J'ai décrit, dans un récent Mémoire (*Bull.*, 3e série, t. XXI, p. 1019), la préparation d'une acétone cyclique, l'*α-méthylcyclopentanone,* que j'ai obtenue synthétiquement à l'aide de l'acide adipique; cette cétone peut

---

(1) Institut chimique de Nancy.

être condensée avec l'acétone ordinaire, suivant l'un des deux schémas :

$$
\text{(I)}\quad
\begin{array}{c}
\mathrm{CO} \\
\diagup \qquad \diagdown \\
\mathrm{CH^3-CH} \qquad \mathrm{CH^2} \\
| \qquad\qquad | \\
\mathrm{CH^2}\text{——}\mathrm{CH^2}
\end{array}
+\mathrm{CO}\!\begin{array}{l}\diagup \mathrm{CH^3}\\ \diagdown \mathrm{CH^3}\end{array}
=\mathrm{H^2O}+
\begin{array}{c}
\mathrm{CO} \\
\diagup \qquad \diagdown \\
\mathrm{CH^3-CH} \qquad \mathrm{C}=\mathrm{C}\!\begin{array}{l}\diagup \mathrm{CH^3}\\ \diagdown \mathrm{CH^3}\end{array} \\
| \qquad\qquad | \\
\mathrm{CH^2}\text{——}\mathrm{CH^2}
\end{array}
$$

$$
\text{(II)}\qquad\qquad
=\mathrm{H^2O}+
\begin{array}{c}
\mathrm{CO} \\
\diagup \qquad \diagdown \\
\mathrm{CH^3-CH} \qquad \mathrm{C}-\mathrm{C}\!\begin{array}{l}/\!\!/ \mathrm{CH^2}\\ \diagdown \mathrm{CH^3}\end{array} \\
| \qquad\qquad | \\
\mathrm{CH^2}\text{——}\mathrm{CH^2}
\end{array}
$$

» Rappelons que, suivant Kœnigs et Eppens, le schéma (I) est celui de la phorone du camphre.

» J'ai dissous 50gr d'α-méthylcyclopentanone dans cinq fois son poids d'acétone pure et sèche, et j'ai ajouté en une fois le produit obtenu par la dissolution de 10gr de sodium dans 250gr d'alcool absolu. Le tout a été abandonné pendant un mois dans un endroit frais, puis neutralisé avec de l'acide sulfurique étendu et, enfin, agité avec de l'éther. La solution éthérée est lavée à l'eau, puis débarrassée de son éther ; le résidu est distillé d'abord sous pression réduite, ensuite sous une pression de 10mm. Après trois rectifications, on recueille un liquide à odeur de menthe, assez agréable, de couleur à peine ambrée, bouillant à 82°-83° sous 10mm et possédant la composition de la phorone.

	Trouvé.	Calculé pour $C^5H^{14}O$.
C.............	78,45	78,26
H.............	10,56	10,14

$$d_4^0 = 0{,}9463, \qquad d_4^{20} = 0{,}9305.$$

» Ce liquide est constitué en effet par la phorone ; il se combine intégralement avec l'hydroxylamine en donnant un produit cristallisé *unique* provenant de l'addition des deux molécules.

» Cet *hydrate d'oxime* forme de belles et fines aiguilles incolores, très solubles dans l'eau bouillante, moins solubles dans l'eau froide ; la solution présente à un haut degré le phénomène de la sursaturation. Cette oxime est aussi très soluble dans l'alcool, peu soluble dans l'éther sec, insoluble dans l'éther de pétrole. Ce composé est très volatil et se sublime très vite quand on tente de prendre son point de fusion ; il fond à 117° dans un petit tube et à 125° sur le mercure. Ce corps est bien identique à l'oxime de Kœnigs et Eppens, mais il possède en plus, comme l'a indiqué Kerps, une molécule d'eau.

	Trouvé.	Pour $C^9H^{14}AzOH + H^2O$.	$C^9H^{14}AzOH$.
C	63,04	63,16	70,59
H	10,25	9,94	9,80
Az	8,10	8,18	9,15

» L'existence de cette molécule d'eau dans l'oxime constitue une particularité importante ; elle me permet d'affirmer que l'acétone que j'ai obtenue possède des doubles liaisons en α par rapport à son carbonyle, par conséquent, c'est le schéma I qui doit représenter la condensation que j'ai effectuée. Le composé obtenu par moi possède donc la constitution donnée à la phorone par Kœnigs et Eppens; cette constitution est exacte, car il lui est identique.

» Si la comparaison des deux oximes ne paraît pas suffisante à cause des légères différences dans le point de fusion, j'ai une nouvelle preuve à fournir. J'ai préparé avec ma phorone, en opérant dans les conditions indiquées par Kœnigs et Eppens, un dérivé tribromé identique au leur.

» J'ai constaté que la phorone synthétique fixe à froid une molécule de brome; une seconde molécule réagit ensuite en se substituant, puis la réaction s'arrête. Elle a donc lieu suivant l'équation

$$C^9H^{14}O + 2Br^2 = HBr + C^9H^{13}Br^3O.$$

» J'ai fait recristalliser le produit obtenu dans l'éther de pétrole en refroidissant la solution par un mélange de glace et de sel, ou mieux dans l'alcool méthylique. J'ai obtenu ainsi un corps d'un blanc pur en cristaux compacts et lourds, fondant à 48° (Kœnigs : 49°-52°); l'analyse m'a permis de fixer définitivement la formule laissée douteuse par mes prédécesseurs.

	Trouvé.	Pour $C^9H^{13}Br^3O$.	$C^9H^{11}Br^3O$.
C	28,93	28,65	28,80
H	3,63	3,45	2,92

CHIMIQUE ORGANIQUE. — *Sur la composition de l'essence de santal des Indes Orientales*. Note de M. **M. Guerbet**, présentée par M. H. Moissan.

« L'essence de santal des Indes Orientales, fournie par la distillation du bois du *Santalum album* (santalacées), a déjà donné lieu à de nombreuses recherches [1].

(1) Chapoteaut, *Bull. de la Soc. chim. de Paris*, t. XXXVII, p. 103. — Chapmann

» Tous les chimistes qui l'ont étudiée y signalent la présence d'une très forte proportion d'un alcool sesquiterpénique, le *santalol*. Comme nos connaissances sur ce groupe d'alcools sont encore extrêmement restreintes, j'ai pensé qu'il serait intéressant de reprendre l'étude du santalol à peine ébauchée jusqu'ici. Mais je me suis bien vite aperçu que les indications fournies sur la composition de l'essence de santal sont souvent contradictoires et j'ai dû commencer par étudier cette composition. Ce sera l'objet de la présente Communication.

» L'essence de santal que j'ai étudiée a été préparée en distillant avec de l'eau de la sciure de bois de santal de Bombay. Cette essence est limpide, à peine colorée en jaune, de consistance huileuse; sa densité à 0° est égale à 0,9684 et son pouvoir rotatoire $\alpha_D = -21°,1$.

» Elle ne renferme ni acide, ni base libre, et contient une quantité d'éther telle, que 1^gr de cette essence nécessite 0^gr,007 de potasse KOH pour leur saponification. La proportion d'alcools qu'elle renferme, évaluée en santalol $C^{15}H^{26}O$ par la méthode de Parry (¹), s'élève à 90,1 pour cent.

» Pour isoler les différents corps qui la composent, on saponifie par la potasse alcoolique les éthers qu'elle renferme. Le produit de la saponification est lavé, desséché, puis soumis à la distillation fractionnée sous pression réduite. On arrive ainsi à le séparer en deux groupes de fractions.

» Les fractions du premier groupe renferment surtout des carbures; elles passent à la distillation entre 110° et 180° sous 38^mm de pression. Les fractions du second groupe sont principalement constituées par des alcools; elles distillent de 180° à 200° sous la même pression. Le groupe renfermant les carbures est fractionné de nouveau, puis rectifié sur le sodium.

» On arrive ainsi à isoler deux carbures isomères $C^{15}H^{24}$ bouillant, le premier à 252°-252°,5, le second à 261°-262°, que je désignerai par les noms de *santalène* α et *santalène* β. Ce dernier carbure avait déjà été isolé par MM. Soden et Müller (*loc. cit.*)

» Les fractions qui passent à la distillation avant le santalène-α, entre 130° et 220°, ont une odeur très agréable et très puissante; mais elles sont si peu abondantes (0,20 à 0,30 pour 100), que je n'ai pas pu en déterminer exactement la nature.

» Les fractions distillant entre 180° et 200°, sous 38^mm de pression, renferment des alcools, que l'on sépare des composés qui s'y trouvent mélangés par la méthode indiquée par M. Haller pour l'extraction des alcools terpéniques (²). On obtient ainsi un

---

et Burgess, *Proceedings of the chem. Soc.*, t. XII, p. 140. — Soden et Müller, *Pharmaceut. Zeit.*, t. XLIV, p. 258. — Schimmel, *Geschäftsberichte*, avril 1899.

(¹) Parry, *Pharmaceutical Journal*, t. LV, p. 118.

(²) Haller, *Comptes rendus*, t. CVIII, p. 1308, et t. CXXII, p. 865.

liquide huileux, incolore, de formule $C^{15}H^{26}O$, distillant de 183° à 197° sous 37^{mm} de pression, que je n'ai pas pu séparer en fractions ayant un point fixe d'ébullition. Ces fractions n'ont pas d'ailleurs le même pouvoir rotatoire : celui-ci varie entre $\alpha_D = -9°,4$ et $\alpha_D = -25°,3$. J'en conclus, avec MM. Soden et Müller (*loc. cit.*) que la partie alcoolique de l'essence de santal, désignée jusqu'ici sous le nom de *santalol*, est un mélange d'alcools de pouvoirs rotatoires différents.

» *Traitement de la solution alcaline provenant de la saponification de l'essence de santal.* — Cette dissolution est additionnée d'un grand excès d'acide sulfurique et l'on sépare les acides insolubles qui viennent surnager.

» Pour isoler les acides solubles, on distille à la vapeur la solution aqueuse et l'on constate qu'ils sont exclusivement formés des *acides acétique* et *formique*, ce dernier en très faible proportion.

» Les acides insolubles sont distillés à la vapeur, qui entraîne un composé solide, blanc, que l'on purifie par cristallisation dans l'alcool à 90°. Il fond alors à 157°; c'est un acide monobasique de formule $C^{10}H^{14}O^2$, que j'appellerai *acide térésantalique*.

» Le résidu de la distillation à la vapeur est surtout constitué par un autre acide monobasique de formule $C^{15}H^{24}O^2$ que je nommerai *acide santalique*.

» En dehors des composés déjà signalés, l'essence de santal renferme encore un aldéhyde, le *santalal* $C^{15}H^{24}O$, que j'ai isolé en préparant d'abord sa semicarbazone suivant le procédé indiqué par MM. Tiemann et Krüger ([1]). L'essence de santal m'a donné ainsi 3,50 pour 100 de *santalal-semicarbazone* $C^{16}H^{27}Az^2O$. Ce composé est dédoublé par l'acide chlorhydrique concentré, déjà à la température ordinaire, mais mieux vers 50°, en régénérant le *santalal* $C^{15}H^{24}O$.

» M. Chapoteaut (*loc. cit.*) a décrit avec la même formule un composé, qu'il regarde comme un aldéhyde et qui constituerait, d'après lui, la plus grande partie de l'essence de santal. Ses propriétés sont cependant plutôt celles d'un alcool que celles d'un aldéhyde.

» En résumé, j'ai pu isoler de l'essence de santal les composés définis suivants :

» 1° Deux carbures sesquiterpéniques $C^{15}H^{24}$, les *santalènes* α et β, liquides huileux incolores, d'odeur faible.

» Le *santalène* α bout à 252°-252°,5, sa densité à 0° est 0,9134. Il est lévogyre $\alpha_D = -13°,98$. Le *santalène* β bout à 261°-262°, sa densité à 0° est 0,9139, son pouvoir rotatoire $\alpha_D = -28°,55$.

» 2° Un mélange d'alcools sesquiterpéniques $C^{15}H^{26}O$, de pouvoir rotatoire variant entre $\alpha_D = -9°,4$ et $\alpha_D = -25°,3$ et correspondant vraisemblablement aux carbures précédents : ce seraient les *santalols* α et β dont l'étude n'est pas encore terminée.

» 3° Un aldéhyde de formule $C^{15}H^{24}O$, le *santalal*, liquide incolore,

---

([1]) Tiemann et Krüger, *Berichte der deutschen chem. Gesell.*, t. XXVIII, p. 1754.

huileux, possédant une odeur forte et comme poivrée, bouillant à 180° sous 40^{mm} de pression. Sa semicarbazone se présente en petites aiguilles fondant à 212°, peu solubles dans l'éther ordinaire et l'éther de pétrole, assez solubles dans l'alcool, surtout à chaud.

» 4° Un acide de formule $C^{15}H^{24}O^2$, l'*acide santalique*, que l'on obtient aussi en oxydant le santalal par l'acide chromique en solution acétique.

L'acide santalique est un liquide visqueux, incolore, bouillant à 210°-212° sous 20^{mm} de pression, insoluble dans l'eau. C'est un acide faible, de propriétés analogues à celles que j'ai signalées pour l'acide campholique [1]; l'acide carbonique le précipite en effet de ses solutions alcalines, et sa dissolution ammoniacale évaporée à l'air perd peu à peu de son ammoniaque tandis que l'acide se précipite. Les santalates de potasse et de soude se présentent en masses confusément cristallines. Le sel de baryte cristallise en fines aiguilles de sa solution dans l'alcool à 60°.

» 5° Un acide de formule $C^{10}H^{14}O^2$, l'acide *térésantalique*, qui cristallise dans l'alcool en gros prismes incolores fondant à 157°. Il bout à 183° sous 28^{mm} de pression. Son sel de potasse est en masses cristallines d'aspect nacré. Son sel de chaux est en petits cristaux répondant à la formule

$$(C^{10}H^{13}O^2)^2Ca + 2H^2O.$$

» 6° Enfin les parties les plus volatiles de l'essence de santal renferment des produits très odorants, que je n'ai pas pu obtenir à l'état de pureté. Bien que l'essence renferme au plus 2 ou 3 pour 1000 de ces produits, c'est à leur présence qu'elle doit surtout son odeur, car les santalènes et les santalols sont peu odorants. Je poursuis actuellement l'étude de ces derniers composés. »

CHIMIE ORGANIQUE. — *Transformation de la nitrobenzine en phénylamine ou aniline par un ferment réducteur et hydrogénant de l'organisme* [2]. Note de MM. **E. Abelous** et **E. Gérard**, présentée par M. Armand Gautier.

» Dans des Notes précédentes [3], nous avons montré qu'il existait, dans la plupart des organes animaux, un ferment soluble qui réduisait les

---

[1] Guerbet, *Annales de Chimie et de Physique*, 5ᵉ série, t. XIV, p. 101.
[2] Travail du laboratoire de Physiologie de la Faculté de Médecine de Toulouse.
[3] *Comptes rendus*, t. CXXIX, p. 56, 164 et 1023.

nitrates en nitrites et que l'action réductrice était plus intense dans une atmosphère de gaz inerte, comme l'hydrogène, qu'en présence de l'air. Nous nous sommes demandé si ce nouveau ferment agissant, dans nos expériences, comme simplement désoxydant, n'était pas aussi *hydrogénant* et, pour nous en rendre compte, nous avons essayé de transformer un dérivé nitré, comme la nitrobenzine, en amine phénolique. Voici les faits observés :

» On fait macérer, pendant vingt-quatre heures à 42° dans une atmosphère d'hydrogène, du rein de cheval pulpé dans son poids d'eau distillée en présence de chloroforme. On filtre :

» A. 100^{cc} du filtrat limpide sont additionnés de quarante gouttes de nitrobenzine et de 2^{cc} de chloroforme et enfermés dans une atmosphère d'hydrogène.

» B. 100^{cc} du même filtrat sont *portés à l'ébullition* et additionnés d'une même quantité de nitrobenzine et de chloroforme, dans un flacon rempli d'hydrogène.

» Les deux flacons, renversés sous l'eau, sont placés pendant quarante-huit heures à l'étuve chauffée à 42°. Au bout de ce temps, chaque lot est agité avec de l'éther. La liqueur éthérée est décantée, évaporée et l'on procède à la recherche qualitative de l'aniline. A cet effet, le résidu de l'évaporation est traité par une solution d'hypochlorite de calcium, on obtient, dans le cas de l'expérience A, une belle coloration bleu violacé, passant peu à peu au rouge sale. Au contraire, le lot B, bouilli, ne donne rien.

» Par conséquent, un extrait aqueux, limpide et chloroformé de rein de cheval est capable de transformer la nitrobenzine en phénylamine par désoxydation et hydrogénation, suivant la formule ordinaire

$$C^6H^5(AzO^2) + 3H^2 = C^6H^5(AzH^2) + 2H^2O.$$

» Ainsi que le montre l'action de la chaleur, cette réaction est due, comme dans le cas de réduction des nitrates, à une action diastasique.

» Le ferment réducteur contenu dans l'organisme agit donc à la fois par désoxydation et hydrogénation.

» Cette transformation d'un dérivé nitré en amine peut présenter une importance considérable pour expliquer la formation dans l'organisme des bases animales par un processus identique à celui de notre ferment réducteur. Ces résultats viennent, une fois encore, corroborer l'opinion de M. Arm. Gautier, à savoir que « certaines bases se produisent dans nos tissus à l'abri de tout germe de putréfaction et durant la vie normale, en particulier dans les cellules qui vivent anaérobiquement ».

» D'autre part, le fait que nous avons établi, de la *coexistence d'un ferment oxydant et d'une diastase réductrice et de la prédominance des fermen-*

tations réductrices en l'absence d'oxygène, semble bien confirmer également cette autre théorie, émise depuis longtemps par le même savant, que les bases animales peuvent disparaître par oxydation, ou se constituer, au contraire, lorsque diminue l'énergie des réactions générales provoquées par l'oxygène, dès que la respiration faiblit et que s'accentuent les phénomènes de réduction, comme dans certaines maladies. »

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Utilisation, par les plantes, de la potasse dissoute dans les eaux du sol.* Note de M. **Th. Schlœsing** fils, présentée par M. Duclaux.

« L'acide phosphorique existant dans l'eau qui imprègne les sols agricoles ne s'y présente qu'en quantités extrêmement minimes. Malgré sa rareté, il est, je crois l'avoir montré (*Comptes rendus,* 1898), capable de contribuer dans une mesure assez large à la nutrition végétale.

» La potasse, elle aussi, se rencontre dans les dissolutions du sol à la dose de quelques millionièmes seulement. Les sols renferment des proportions relativement très importantes de potasse à l'état solide, mais très peu à l'état dissous; dans les trois ou quatre millions de kilogrammes de terre végétale d'un hectare, il y a fréquemment 3000^{kg} ou 4000^{kg} de potasse non dissoute, à ne considérer que la potasse dite *assimilable,* contre un poids de 1^{kg}, 2^{kg} et 5^{kg} de potasse en dissolution. Il est bien entendu que les racines, en vertu du pouvoir dissolvant qu'elles possèdent, peuvent prélever directement de la potasse sur l'approvisionnement d'alcali non dissous. Quant à la minime portion qui est dissoute, peut-elle leur être de quelque ressource? Ne semble-t-elle pas négligeable? La réponse est la même que pour l'acide phosphorique. A un moment donné, la potasse dissoute n'est rien ou presque rien devant la consommation d'une récolte; mais elle se renouvelle à mesure qu'elle s'épuise et dès lors elle a droit à entrer en ligne de compte dans l'alimentation des plantes. Le fait est que, d'une part, on en trouve toujours quelque peu dans les eaux du sol, et que, d'autre part, les plantes peuvent l'utiliser même aux doses infimes qu'en offrent ces eaux. C'est sur ce dernier point qu'ont porté les expériences qu'on va voir.

» J'ai fait pousser deux lots de maïs (maïs jaune gros), aussi semblables que possible, sur des sols consistant en sable quartzeux, stériles par eux-mêmes, mais constamment arrosés d'une solution nutritive dont l'excès s'écoulait par la partie inférieure

des vases à culture. La même solution, convenablement pourvue de tous les principes minéraux nécessaires, sauf de potasse, était distribuée, en même quantité, aux deux lots; pour l'un deux (I), elle contenait, à son entrée dans le sol, $1^{mg},8$ de potasse par litre; pour l'autre (II), $7^{mg},5$. Mais il faut noter que ces titres de $1^{mg},8$ et $7^{mg},5$ n'ont rien d'absolu et de définitif pour les deux dissolutions, car ils ne sauraient se maintenir invariables durant tout le trajet de l'eau à travers le sol; ils s'altèrent un peu par suite de l'évaporation, des pluies, des prélèvements de la végétation et d'échanges d'alcali entre l'eau et le sol. Dans le présent cas, j'ai vérifié que cette dernière cause, la plus capable parfois de modifier le titre initial, n'avait pas apporté de trouble sérieux dans les expériences. En effet, deux sols témoins, semblables aux précédents, mais sans culture, ont été arrosés avec les mêmes dissolutions que I et II; par la mesure et l'analyse des liquides écoulés, on a vu qu'ils avaient laissé passer la potasse introduite, celle de la solution à $1^{mg},8$ étant seulement augmentée de $\frac{1}{3}$ et celle de l'autre solution demeurant sans changement sensible.

» Le Tableau suivant résume les conditions et les résultats des expériences :

Maïs jaune gros (6 *juin*-23 *septembre*).

	I.	II.
	4 maïs.	4 maïs.
Poids des graines semées	455^mg^, 458, 460, 467	457^mg^, 457, 460, 466
K^2O par litre dans le liquide d'arrosage	1,8	7,5
Hauteur moyenne des plantes au-dessus du sol le 23 septembre	$1^m,17$	$1^m,91$
Poids des récoltes sèches — tiges et feuilles	$63^{gr},1$	$159^{gr},6$
Poids des récoltes sèches — fruits	0^{gr}	$103^{gr},6$
Signalement des plantes	grêles, sans fruit.	bien développées.

» Le développement des plantes a été tout à fait incomplet pour le lot I et satisfaisant pour le lot II. L'insuffisance de la végétation dans le premier cas montre que le sol employé, si tant est qu'il pouvait fournir aux racines un peu de potasse, était bien loin d'en donner assez pour leurs besoins. Si les maïs du lot II se sont bien développés, c'est donc à leur solution nutritive qu'ils ont emprunté la potasse, ou au moins toute la potasse nécessaire à ce développement. Il n'est pas douteux, d'après cela, que des plantes puissent s'alimenter en potasse d'une manière très convenable aux seuls dépens de dissolutions qui n'en renferment que quelques millioniėmes. L'eau est le véhicule de cette potasse, prélevée sur le stock, relativement énorme, d'alcali assimilable non dissous; elle en transporte infi-

niment peu à la fois, mais le transport est incessant. C'est la conclusion que l'on a déjà vue à propos de l'acide phosphorique.

» Il me semble que ces expériences pourront contribuer à préciser les idées sur l'alimentation des plantes en potasse. »

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Recherches sur la digestion des réserves dans les graines en voie de germination et leur assimilation par les plantules.* Note de M. **Mazé**, présentée par M. Duclaux.

« J'ai établi, dans une Communication précédente (*Comptes rendus*, t. CXXVIII, juin 1899), que l'alcool apparaît dans les graines amylacées comme un produit physiologique normal et comme un stade nécessaire de la digestion des hydrates de carbone.

» Cette conclusion, si elle est juste, entraîne un certain nombre de conséquences susceptibles d'être vérifiées par l'expérience.

» Ainsi, on peut tout de suite faire observer que si la molécule de sucre doit être scindée en alcool et acide carbonique, avant de contribuer à la nutrition ou à la multiplication des cellules, le poids de plante fabriquée, tout à fait au début de la germination, par une graine amylacée, devra représenter à peu près la moitié de la perte subie par les cotylédons. Ce rapport ira en diminuant à mesure que la germination avancera, puisqu'à la perte occasionnée par le travail de construction, viendra s'ajouter la perte croissante due au travail d'entretien.

» L'expérience confirme ces déductions : si l'on fait germer des pois ou des haricots à l'abri des microbes, on constate que le rapport du poids perdu par les cotylédons au poids de plantules fabriquées, voisin de 2 dans les cinq ou six premiers jours de germination, va en augmentant peu à peu pour atteindre la valeur 2,3 à 2,4 au bout de quinze à vingt jours.

» Les graines à réserves oléagineuses ou à réserves mixtes (huiles et amidons), la matière azotée ne devant pas être envisagée dans cette note, fournissent des chiffres complètement différents.

» Chez l'arachide, le rapport, défini comme ci-dessus, reste à peu près constant et égal à 1,5 — 1,10 pendant toute la durée de la germination (vingt à vingt-quatre jours). Il croît ensuite régulièrement et atteint 1,48 au bout de trente-cinq jours, sous l'influence d'une autophagie avancée.

» Pour le maïs, les nombres trouvés varient d'une façon continue et atteignent des valeurs qui vont du 1,2 à 1,7 pour des durées de germination comprises entre quatre et vingt jours.

» Chez le lupin, le rapport présente un minimum vers le sixième jour; il débute à

1,54 au troisième jour pour atteindre le minimum de 1,31; il croît ensuite régulièrement, mais plus lentement; il est 1,4 au bout de seize jours.

» L'échantillon d'arachide qui m'a servi renferme 53,66 pour 100 d'huile, le maïs 4,82 pour 100, le lupin 12,54 d'extrait soluble dans l'éther anhydre. Celui-ci renferme en outre une assez forte proportion de sucres solubles, 4,61 pour 100, évalués en dextrose. Comme aliments ternaires, les plantules d'arachides consomment donc de l'huile presque exclusivement; les plantules de maïs, des huiles surtout au début, avec de l'amidon, et finalement de l'amidon exclusivement; celles du lupin, des sucres solubles et de l'huile au début, les premiers en très grande proportion à cause de leur solubilité.

» Si maintenant on remarque que les graines de haricot en voie de germination dégagent 88,6 d'acide carbonique pour 100 du poids de plantes élaborées en huit jours, que la proportion d'acide carbonique émise par le maïs en huit jours est 88,49 pour 100 du poids des plantules, qu'elle est pour l'arachide de 95,66 pour 100 en dix jours, on voit que les pertes en CO^2 occasionnées par la germination sont à peu près du même ordre pour les différentes espèces de graines.

» Ce n'est donc pas le travail d'assimilation (construction et entretien) qui établit les démarcations que nous avons constatées entre les trois types de graines examinées, c'est le travail de digestion. C'est donc ici que l'on doit chercher l'explication des résultats fournis par l'arachide, le maïs et le lupin.

» On est conduit ainsi à se demander par quel mécanisme la digestion des huiles arrive à combler le déficit constaté chez les graines amylacées. Évidemment, c'est en empruntant au milieu ambiant un élément qui se fixe sur l'aliment de réserve.

» On sait, depuis longtemps, que les graines oléagineuses absorbent beaucoup plus d'oxygène qu'elles ne perdent d'acide carbonique pendant la germination; c'est donc l'oxygène qui est pris en excès au milieu extérieur. M. Maquenne a montré que dans le ricin, l'acide ricinoléique se transforme en sucre par fixation d'oxygène (*Comptes rendus*, t. CXXVII, p. 625).

» La conclusion la plus naturelle de ce qui précède est que la transformation des acides gras en sucres, par voie d'oxydation, est indépendante de la nature de ces acides. Si l'on ne peut l'établir en faisant le bilan des matériaux de transformation, accumulés dans les cotylédons et la plantule à des époques déterminées de la germination, c'est que dans certaines graines oléagineuses, le sucre issu des huiles est employé immédiatement à la construction ou à l'entretien des cellules. A ce point de vue, la digestion des huiles dans l'arachide est comparable à celle de l'amidon dans le haricot ou le pois, où l'on ne rencontre jamais que de petites quantités de sucres. Le ricin, au contraire, se rapproche des graminées; les sucres s'accumulent dans l'endosperme et la plantule; l'analogie de constitution anatomique entraîne l'analogie des actions digestives considérées dans leurs résultats.

» En résumé, les graines oléagineuses sont capables de transformer un groupement carbure CH^2 en groupement alcoolique CHOH par fixation d'oxygène.

» Cette transformation paraissant aussi générale que la dégradation de l'amidon par voie d'hydratation, on est conduit à se demander si elle n'est pas due à une diastase oxydante et, par suite, susceptible d'agir *in vitro*. On devine que la graine de choix pour des recherches de cette nature est le ricin; c'est à lui que je me suis adressé.

» Des graines germées sont broyées aussi finement que possible avec du sable blanc lavé à l'acide; la proportion de graines et de sable est telle que la pâte obtenue est friable et facilement pénétrable à l'air. On l'expose en couche mince dans un bain-marie à 53°. Pour évaluer exactement la quantité de sucres formés dans ces conditions, on place également au bain-marie un récipient témoin, renfermant le même poids de mélange, chauffé préalablement pendant 5^m à 10^m à 100°.

» L'épuisement du sable à la fin de l'expérience montre que la nature des huiles soumises aux actions diastasiques est complètement transformée. Le témoin fournit une émulsion qui filtre péniblement, tandis que la pâte non chauffée donne une liqueur parfaitement limpide qui passe à travers le filtre avec la plus grande facilité.

» Portées au bain-marie à 100°, cette dernière se trouble et présente l'aspect d'une émulsion; les particules en suspension s'agrègent rapidement et tombent au fond du verre en formant un dépôt blanc, membraneux, de contexture spongieuse; il est constitué par des résines; il semble d'autant plus abondant que l'action des diastases a été moins prolongée.

» Voici les quantités de sucres, évalués en dextrose, obtenus dans un premier essai effectué avec des graines ayant germé pendant cinquante-quatre heures à 30°.

	Durée de l'expérience.	Température.	Sucres en dextrose.	Sucres formés pour 100 du poids initial des graines.
	h		mgr	
I..........	7	53°	175,4	1,27
II.........	22	53	337	2,65
Témoin....	22	53	13,7	»

» Si l'on gêne l'accès de l'air en ajoutant de l'eau de façon à obtenir une pâte liante, on atténue l'activité de la diastase; au lieu d'obtenir 434^{mgr} de sucres on n'en obtient que $322^{mgr},4$ pendant vingt-deux heures à 53°, quantités qui rapportées au poids sec des graines non germées soumises à l'expérience, sont respectivement égales à 3,3 et 2,19 pour 100.

» Un certain nombre d'autres expériences ont fourni les indications suivantes : la température de 60° est moins favorable à l'action diastasique que celle de 53°. L'acide sulfurique et la soude ajoutés en petites quantités diminuent faiblement l'activité diastasique.

» Les quantités de diastases renfermées dans les graines présentent

peu de variation entre le troisième et le sixième jour de la germination.

» Le chiffre maximum de sucre obtenu dans une transformation diastasique est 3,52 pour 100 du poids de la graine, ce qui représente à peu près 7 pour 100 du poids de l'huile des semences normales, en admettant que le sucre provienne exclusivement des matières grasses.

» Il est probable que ce rendement pourra être augmenté par des dispositifs susceptibles d'exposer la matière à une aération énergique et continue.

» Il reste à examiner maintenant si cette diastase est spécifique, c'est-à-dire incapable de transformer les huiles fournies par d'autres espèces végétales que celle qui l'a sécrétée. »

ZOOLOGIE. — *Nouvelles recherches sur l'évolution des monstrillides.* Note de M. **A. Malaquin**, transmise par M. de Lacaze-Duthiers.

« Dans deux Notes précédentes, publiées dans ces *Comptes rendus* [1], j'ai indiqué le résultat de mes dernières recherches sur l'évolution des monstrillides : copépodes qui vivent en parasites chez les annélides (*Salmacyna, Filograna, Polydora*) pendant la plus grande partie de leur existence et qui deviennent libres à l'âge adulte. L'ontogenèse de ces copépodes se résumerait ainsi :

» La pénétration de l'embryon dans l'hôte a lieu à un stade voisin de blastula. Cette blastula gagne les vaisseaux de l'annélide et s'y transforme en un embryon dont les appendices, par leur nombre et leur situation, correspondent à ceux du nauplius. Mais ce nauplius parasite est dépourvu de tube digestif; sa première paire d'appendices, antennes antérieures, à l'état d'ébauche, sera normalement articulée, tandis que les antennes postérieures (et les mandibules lorsqu'elles existent) sont transformées en organes tentaculiformes adaptés à la nutrition du parasite. A part l'adaptation de ces derniers organes et l'absence du tube digestif, le reste de l'évolution se poursuit normalement. »

» A la suite de ces Notes, Giesbrecht signala l'existence de nauplius libres, qu'il avait observés chez les femelles pélagiques des monstrillides du golfe de Naples, à une époque où le parasitisme de ces copépodes était encore inconnu. De nouvelles recherches poursuivies pendant ces dernières années, m'ont permis de constater dans l'évolution des monstrillides, *l'existence d'une phase nauplienne initiale précédant le stade nauplien parasite qui est logé dans les vaisseaux de l'annélide.*

---

[1] *Comptes rendus,* 28 décembre 1896, 11 janvier 1897.

» Le nauplius libre présente, ainsi que l'a décrit Giesbrecht, les trois paires d'appendices typiques, mais avec quelques modifications dont la plus importante est la transformation de la troisième paire en crochets allongés qui servent à cette larve à se fixer sur un hôte; le tube digestif est en outre absent. Il m'a été donné d'observer ce nauplius au moment même où il pénétrait dans une *Salmacyna Dysteri* (espèce infestée par *Hæmocera Danae*).

» Le nauplius de *H. Danae* était fixé sur la membrane thoracique du serpulien; il y était accroché par ses mandibules transformées. Les organes internes étaient déjà, pour la plus grande partie, en *histolyse*. Deux bandes longitudinales de sphérules vertes indiquaient les restes du vitellus. L'œil nauplien très grand, en forme caractéristique d'X, existait encore, sans modification apparente. La moitié antérieure du corps était engagée dans l'épaisseur des téguments; la moitié postérieure faisait saillie au dehors. Ce nauplius était manifestement en train de pénétrer; cependant aucun organe spécial de pénétration n'existait, comme cela a lieu par exemple pour les larves kentrogones des sacculines. Les antennes antérieures triarticulées étaient engagées dans les tissus et y présentaient des *mouvements actifs* semblant destinés à faciliter l'entrée du corps du nauplius. La partie libre du corps présentait des mouvements d'oscillation qui étaient séparés par des périodes de repos.

» Les embryons qui ont pénétré dans l'annélide sont constitués par une masse de cellules embryonnaires et indifférenciées; de plus, ils sont dépourvus de tout appendice. C'est ce stade que j'avais interprété comme une blastula, me fondant sur sa constitution et sur son développement ultérieur. En réalité ces embryons sont formés de cellules résultant de l'histolyse des organes naupliens; c'est une phase *pseudo-blastulaire* dont l'ontogenèse va tirer parti en subissant l'influence des conditions biologiques nouvelles.

» Ces embryons sont parfois en assez grand nombre dans les téguments de l'annélide; mais tous n'arrivent pas au vaisseau sanguin, condition nécessaire pour leur évolution ultérieure. Un certain nombre d'entre eux restent dans les téguments qu'ils paraissent impuissants à franchir; ils se résolvent alors en amas de cellules extrêmement petites, au milieu desquelles l'on distingue parfois des éléments pigmentaires, restes de l'œil disparu et qui en trahissent l'origine nauplienne. Les autres embryons semblent au contraire gagner rapidement le système sanguin; on les y rencontre, en effet, avec l'œil nauplien en X très net, au milieu des cellules indifférenciées. Les cellules des jeunes embryons parasites se distinguent en deux groupes : les unes très petites occupent la région antérieure et la périphérie où elles forment une mince couche; les autres plus volumineuses occupent le centre de l'embryon dans ses parties moyenne et postérieure, et renferment les restes du vitellus de couleur verte. L'œil nauplien, ou ses éléments pigmentaires disjoints, occupe la masse antérieure des petites cellules.

» Lorsqu'il a atteint un vaisseau, l'embryon reprend son développement dans ce milieu éminemment favorable à sa nutrition. L'ontogenèse, momentanément suspendue, rétrogradée même, par la pénétration dans l'intérieur du système sanguin de l'annélide, reprend sa marche, mais elle la reprend à ses débuts, non seulement au point de vue de l'histogenèse, mais aussi au point de vue de la morphogenèse. Les petites cellules antérieures et périphériques donnent naissance à l'ectoderme, au système nerveux, aux yeux définitifs, à l'invagination stomodiale rudimentaire. Le groupe des cellules plus volumineuses à la fois mésodermiques et endodermiques (restes du vitellus) produit les organes génitaux, la musculature; on sait que le tube digestif (mésentéron) ne se forme pas. Les premiers appendices qui se forment sont les deux ou trois paires les plus antérieures; une deuxième larve nauplienne, mais interne et parasite, dérive de l'embryon indifférencié post-nauplien. J'ai indiqué la structure de ce deuxième nauplius dans mes premières Notes, et je l'ai rappelée brièvement plus haut.

» En résumé, l'ontogenèse des monstrillides présente la série des phénomènes suivants :

» 1° *Une évolution progressive de l'œuf jusqu'à la larve nauplius,* à peu près typique du copépode;

» 2° *Une évolution régressive* provoquée par la pénétration du nauplius dans le système sanguin d'une annélide, et qui ramène l'embryon à un *état pseudoblastulaire indifférencié;*

» 3° *Un parasitisme évolutif* qui comprend deux phases :

» *a. Adaptation de l'embryon pseudoblastulaire indifférencié et formation d'un deuxième stade nauplien, parasite interne.* Après la régression ontogénique qui ramène l'embryon à un stade de cellules indifférenciées, le chemin ontogénique, déjà parcouru par l'œuf segmenté pour donner un nauplius à peu près typique, est parcouru de nouveau. Aux dépens de cette masse cellulaire post-nauplienne, et sous l'influence des conditions biologiques ambiantes, l'ontogenèse reforme des tissus et des organes déjà formés. Les appendices naupliens abandonnés apparaissent de nouveau, mais avec des modifications qui les adaptent aux conditions spéciales du développement, et l'ontogenèse repasse par un stade nauplien qu'elle a atteint à son début;

» *b.* L'évolution continue ensuite progressivement; l'*ontogenèse forme les tissus et organes de l'adulte comme dans un développement direct* (système nerveux, yeux, musculature, appendices locomoteurs typiques, organes génitaux, etc.) à l'exception des organes de la nutrition (tube digestif et appendices buccaux). Le monstrillide au terme de son développement abandonne l'hôte qu'il infeste, complètement adulte et à maturité sexuelle.

La vie en haute mer ne dure que pour assurer la fécondation et la formation de la première larve nauplienne. »

MINÉRALOGIE. — *Sur une forme de silice anhydre optiquement négative.* Note de M. A. LACROIX, présentée par M. Michel-Lévy.

« L'étude optique a montré l'extrême complexité des produits siliceux concrétionnés, désignés sous le nom de *calcédoine.* M. Rosenbusch a donné comme caractéristique de la calcédoine le signe négatif de ses fibres. M. Michel-Lévy a montré en outre que, si les fibres de calcédoine sont bien négatives, le minéral est en réalité biaxe et optiquement positif. Une même fibre présente des variations continues de biréfringence, oscillant entre un maximum un peu supérieur à la biréfringence maximum du quartz et un minimum, fourni par des parties presque complètement éteintes, correspondant aux points dans lesquels l'examen en lumière convergente permet de constater l'existence d'une bissectrice positive avec des axes assez rapprochés. M. Michel-Lévy a expliqué cette curieuse structure, sans analogue jusqu'à présent, par un enroulement, autour des fibres, de la bissectrice n_g qui reste toujours perpendiculaire à la direction de celles-ci.

» L'étude des produits siliceux, recueillis par M. Munier-Chalmas, dans le bassin de Paris a conduit en outre M. Michel-Lévy à décrire sous les noms de *quartzine* et de *lutécite* des fibres différemment orientées, mais à allongement positif; comme la calcédoine, elles sont biaxes et optiquement positives. Les relations de ces diverses substances avec le quartz doué du pouvoir rotatoire ont été mises en lumière par M. Michel-Lévy, et plus récemment par M. Wallerant.

» Cette Note a pour but d'appeler l'attention sur une forme de silice anhydre, distincte de toutes les précédentes et qui, elle, est *réellement optiquement négative*. Elle se présente sous forme concrétionnée, en fibres fines et régulières, d'allongement négatif comme la calcédoine, mais possédant, sur toute l'étendue d'une même fibre, une biréfringence uniforme d'environ 0,0045, c'est-à-dire *deux fois plus faible* que celle de toutes les variétés de silice dont il a été question plus haut. L'examen en lumière convergente de sections perpendiculaires aux fibres montre une croix noire se disloquant nettement, le signe optique est négatif. La faible biréfringence du minéral et la nécessité où l'on se trouve, pour éviter les superpositions, de n'opérer que sur des lames très minces ne permettent pas de mesurer avec précision l'écartement des axes qui paraît faible.

» J'ai trouvé ce minéral dans des conditions de gisement fort diverses; dans des formations sédimentaires et notamment dans le Lutétien supérieur de Paris, dans des filons métallifères (Château-landren, la Poype, etc.), dans les amygdales de roches éruptives (Madagascar, etc.).

» Dans tous ces gisements, le minéral est associé au quartz cristallisé ou bien à des zones fibreuses de calcédoine, de quartzine, de lutécite, avec lesquelles il alterne parfois d'une façon régulière; ces associations permettent de saisir immédiatement les différences optiques caractéristiques de tous ces minéraux et en particulier la faible biréfringence de celui qui est ici en question.

» L'échantillon le plus pur que j'ai observé jusqu'à présent provient de fouilles faites à Paris dans le Lutétien supérieur, au voisinage du Val-de-Grâce; il constitue une masse jaune claire, translucide, mamelonnée, riche en inclusions microscopiques de rhomboèdres de calcite et de cristaux de quartz bipyramidés. Le minéral pulvérisé, puis débarrassé d'un peu de calcite par l'acide acétique a été mis en suspension dans des mélanges de xylol et de tétrabromure d'acétylène. Les parties les plus pures, qu'il m'a du reste été impossible de débarrasser complètement de quelques inclusions quartzeuses, a une densité de 2,507, la densité réelle est donc un peu inférieure à ce nombre. Le minéral, chauffé au rouge sombre jusqu'à poids constant, perd une quantité d'eau variable avec les échantillons (2,7 à 4 pour 100 dans plusieurs expériences), sans que pour cela son action sur la lumière polarisée soit modifiée. Il est donc imprégné d'une quantité variable d'opale, de même que tous les autres produits cristallisés qui constituent les calcédoines.

» Attaqué par un mélange d'acides fluorhydrique et sulfurique, il disparaît en laissant un léger résidu (0,735 pour 100) en grande partie constitué par du sulfate de chaux, dû à de très petites inclusions de calcite qu'il n'est pas possible d'éviter dans la préparation de l'échantillon étudié.

» En résumé, le minéral, qui fait l'objet de cette Note est constitué par de la silice anhydre, imprégnée d'un peu d'opale. Sa densité est voisine de 2,5; il est biaxe, à axes rapprochés, et optiquement négatif; ses fibres sont allongées suivant n_p, enfin sa biréfringence est d'environ 0,0045. Tous ces caractères physiques l'éloignent donc nettement de la quartzine, de la lutécite et de la calcédoine, qui, elles, doivent être considérées comme des formes élémentaires du réseau du quartz. Il joue, par rapport à ces dernières, le même rôle que la cristobalite par rapport à la tridymite; il en diffère par sa densité, sa réfringence, sa biréfringence plus fortes; de plus, il ne présente pas ce changement d'état réversible à 173° C. qui, comme l'a montré Mallard, est caractéristique de la cristobalite. Ce minéral ne peut

pas davantage être confondu avec la lussatite de Mallard, dont les fibres sont positives et la densité beaucoup plus faible.

» Il est donc incontestablement différent de tous les minéraux connus, et je propose de le désigner sous le nom de *pseudo-calcédonite*.

» Afin d'éviter d'inextricables confusions dans les descriptions minéralogiques, il me semble désirable de conserver désormais au mot de *calcédoine* sa signification ancienne, pour désigner l'aspect macroscopique de toutes les variétés concrétionnées de silice anhydre, quelle que soit leur structure intime, et de réserver le nom de quartzine aux types fibreux optiquement positifs, en relation avec le quartz, en maintenant toutefois le nom de *calcédonite* pour les types d'allongement négatif à enroulement.

» La *pseudo-calcédonite*, définie par les caractères donnés plus haut, constitue le type optiquement négatif de cette intéressante série. »

PÉTROGRAPHIE. — *Sur quelques roches granitoïdes du cap Marsa* (¹). Note de MM. **L. Duparc** et **F. Pearce**, présentée par M. Michel-Lévy.

« Dans le conglomérat éruptif du cap Marsa, on rencontre quelques blocs de roches grenues qui, d'après les observations de M. E. Ritter, ne sont pas connues dans les environs.

» Nous rapportons ces roches à des Granulites, des Tonalites (dans le sens de Diorite micacée quartzifère), et des Microtonalites.

» La Granulite est à grain fin, assez riche en élément noir. Elle renferme du *Zircon*, de l'*Apatite* et de la *Magnétite* à l'état d'inclusions dans le mica noir. Puis, parmi les éléments accessoires, on trouve aussi quelques rares sections de *Fluorine*, ainsi que de la *Tourmaline* d'un vert bleuâtre, très polychroïque, dont les sections fortement corrodées montrent des accroissements concentriques.

» Les minéraux principaux sont représentés par la *Biotite* brune, les *Plagioclases* zonés, avec des termes allant de l'Oligoclase au Labrador Ab^1An^1, de l'*Orthose*, puis du *Quartz* plutôt rare, isolé en plages granitiques ou en grains granulitiques parmi les minéraux précités. L'abondance des feldspaths calco-sodiques d'un type moyen relativement basique, et la présence simultanée des minéraux caractéristiques des granulites les plus acides, font à la roche en question une place spéciale dans la série des roches granitiques.

» La Tonalite est une roche holocristalline, à structure hypidiomorphe grenue, qui renferme de la *Biotite*, de la *Hornblende*, des *Plagioclases*, de l'*Orthose* et du *Quartz*.

(¹) Genève, laboratoire de Minéralogie de l'Université.

» La *Biotite* abondante est toujours uniaxe, très polychroïque dans les tons rouge brun pour *ng* et brun pâle pour *np*; elle renferme des Zircons auréolés, des prismes d'Apatite et des grains de Magnétite.

» La *Hornblende,* plus rare et de consolidation postérieure, présente les profils $m = (110)$ et $g^1 = (010)$. L'extinction, la biréfringence, le signe optique, sont normaux et coïncident avec ceux de la Hornblende commune; le polychroïsme est faible et donne $ng =$ brun verdâtre, $np =$ jaunâtre pâle. Les *Plagioclases* forment l'élément prédominant; ils sont toujours zonés et présentent les profils $p h^1 a^{\frac{1}{2}}$, quelquefois a^1.

» Les zones concentriques oscillent entre l'Oligoclase $Ab^4 An^1$ et le Labrador $Ab^3 An^4$; le feldspath le plus fréquent est compris entre $Ab^5 An^3$ et $Ab^1 An^1$. Le centre des cristaux est généralement basique, la bordure est presque toujours acide.

» L'*Orthose* est rare; il a cependant été nettement constaté par l'extinction de *np* sur g^1, puis par des contacts avec le quartz qui ont donné $\Delta_2 < 0$, $\delta_1 < 0$. Le *Quartz* est rare également et fait ciment entre les éléments précédents.

» La Microtonalite représente évidemment le facies aplitique de la roche précédente; elle est à deux temps distincts, à structure holocristalline, microgranitique.

» Les *phénocristaux,* très obondants vis-à-vis de la pâte, comportent de la *Biotite* brune avec inclusions habituelles, de la *Hornblende* verte en cristaux très détériorés, de l'*Augite* qui, d'ailleurs, peut manquer complètement, puis des *Plagioclases* zonés compris entre $Ab^5 An^3$ et $Ab^3 An^4$. L'*Orthose,* de même que le *Quartz,* manquent dans la première consolidation.

» La *pâte* est formée par une association de jolis grains polyédriques de quartz de dimension 0,1 à 0,3 environ, de petits cristaux d'Orthose, puis de rares lamelles de Biotite souvent chloritisée; tous ces éléments sont isométriques.

» Les analyses qui suivent montrent la composition de ces différentes roches. L'identité du magma de la tonalite et de la microtonalite est évidente. La composition chimique de ces deux dernières roches est assez différente de celle de la tonalité typique de Tonale; la prédominance de la potasse sur la soude, constatée par plusieurs analyses de contrôle, est curieuse, vu l'abondance des Plagioclases; cependant, le caractère nettement dioritique de ces deux roches ressort évidemment de l'ensemble de l'analyse, et particulièrement de la haute teneur en chaux.

Analyses.

	N° 36 (¹).	N° 53.	N° 46 (¹).	N° 7 (¹).
SiO^2.......	70,41	62,95	60,70	63,93
Al^2O^3......	16,17	19,82	18,55	17,25

(¹) Les nos 46 et 36 ont été analysés par M. Gasparian, le n° 7 par M. Cantoni, tous deux élèves du laboratoire de Minéralogie et Chimie analytique.

	N° 36.	N° 53.	N° 46.	N° 7.
Fe^2O^3......	2,54	2,38	6,21	5,90
CaO.......	2,11	5.06	5,10	4,74
MgO.......	0,86	2,15	2,56	2,03
K^2O.......	4,29	3,33	3,70	3,29
Na^2O.......	3,45	3,29	2,54	2,93
Perte au feu.	0,66	0,68	1,18	0,80
	100,49	99,66	100,54	100,87

N° 36 = granulite. N° 53 = tonalite. N° 46 et n° 7 = microtonalites.

GÉOLOGIE COMPARÉE. — *Examen de la météorite tombée le 12 mars 1899 à Bierbélé, près de Borgo, en Finlande.* Note de M. **Stanislas Meunier.**

« La collection de météorites du Muséum vient de s'enrichir d'un échantillon de la roche extra-terrestre tombée dans le golfe de Finlande le 12 mars 1899 avec des circonstances que j'ai précédemment résumées (¹). Cet échantillon, d'un peu plus de 100^{gr}, qui a été détaché d'une masse bien plus volumineuse, présente sur une petite partie de sa surface la croûte noire qui est comme la livrée des pierres tombées du ciel. Cette croûte forme une pellicule très régulièrement étalée avec une épaisseur sensiblement uniforme qui n'atteint pas 1^{mm} et dont la couleur tranche complètement sur la nuance d'un gris clair, varié de taches ocreuses, de la roche sous-jacente.

» Celle-ci se signale avant tout par sa structure globulifère, qui fait inévitablement penser à celle des roches dites *oolithiques*. Les boules constituantes, désignées sous le nom de *chondres*, ne sont d'ailleurs pas en contact mutuel; entre elles, existe une substance générale grise, finement grenue, et qui fait à elle seule plus de la moitié du poids total.

» La météorite de Bierbélé est friable et se désagrège sous une pression très modérée : on recueille, outre quelques fragments résistants, une fine poussière cristalline et des globules. La cassure montre des dépressions sphéroïdales correspondantes aux places d'où les chondres se sont détachés, et souvent ces dépressions sont comme doublées d'une sorte de petite coque, qui a moulé avec délicatesse les détails de surface des sphérules. Ceux-ci sont remarquables par la régularité de leur forme et les variations assez faibles de leur diamètre, qui va de $0^{mm},5$ à $2^{mm},5$. Ils donnent assez

(¹) *Comptes rendus*, t. CXXVIII, p. 1130; 1er mai 1899.

bien l'idée de plombs de chasse; ils roulent comme ceux-ci sur la feuille de papier où on les a déposés.

» Examinée en lames minces, la météorite révèle d'autres particularités de structure : on remarque tout de suite la netteté avec laquelle les globules sont limités dans la substance générale qui les empâte. Cette matière présente une transparence imparfaite et comme laiteuse, qui contraste avec la limpidité de fragments cristallins jetés sans ordre de toutes parts. C'est d'ailleurs la structure ordinaire de toutes ces pierres qu'on a désignées quelque temps sous le nom peu précis mais très expressif de *météorites du type commun*. On sait à quoi cette structure est due, depuis qu'elle s'est trouvée imitée parfaitement dans les expériences de synthèse des minéraux météoritiques par condensation brusque de vapeur; il n'y aurait pas à y revenir si quelques observateurs (1) ne la considéraient en ce moment comme de découverte récente. Les cristaux, souvent imparfaits, qui résultent du processus par condensation, constituent une espèce de feutre qui, par simple tassement sous son propre poids, reproduit la structure *cataclastique*. Il y a plus de vingt ans que je l'ai reproduite dans les poussières de pyroxène magnésien de fabrication artificielle (2).

» Quant à la composition minéralogique de la matière générale, elle résulte du mélange de grains de péridot et de grains de pyroxène avec une substance peu transparente, floconneuse, en partie inactive sur la lumière polarisée et qui paraît renfermer la majeure partie de l'alumine que révèlent des essais tentés sur la matière générale prise en bloc. On voit, de divers côtés, de très petits grains noirs opaques, qu'on peut séparer par lavage; ils se répartissent en plusieurs espèces, parmi lesquelles il faut mentionner d'abord le fer nickelé très attirable à l'aimant, du fer sulfuré et du fer chromé très peu abondant, mais nettement reconnaissable au chalumeau.

» Les chondres sont remarquables, dans la météorite de Bierbélé, par la variété de leurs caractères. Parmi les types à distinguer, on mentionnera d'abord des sphérules qui sont constituées par des cristaux d'olivine plus ou moins corrodés et qui cependant sont encore mesurables. Les couleurs de polarisation sont extrêmement brillantes. Ces grains de péridot sont associés et soudés ensemble par un magma à grains très fins, en partie vitreux, mais où l'on reconnaît aussi parfois des microlithes pyroxéniques. La forme extérieure des chondres de cette sorte est souvent sensiblement sphéroïdale; elle présente aussi à l'occasion de très fortes irrégularités.

» Dans une deuxième catégorie de chondres, les cristaux d'olivine sont remplacés par des cristaux d'augite et parfois ceux-ci peuvent être d'une grande perfection. Il en est d'assez gros pour occuper chacun en volume une très notable fraction du chondre tout entier qui les renferme.

---

(1) Par exemple, M. A.-F. Renard [*Bulletin de l'Académie royale de Belgique*, nos 9 et 10 (septembre, octobre); 1899].

(2) Voir mon Mémoire inséré dans le *Recueil des Savants étrangers*, août 1880.

» Fréquemment les chondres sont formés d'eustatite ou pyroxène orthorhombique; ils ont alors une structure fibreuse et quelquefois rayonnnée remarquable. Les plus simples montrent de fines aiguilles hyalines, très longues et non terminées, recoupées de clivages transversaux et irradiant en éventails de certains points. Ces points d'irradiation sont toujours à la surface ou près de la surface des sphérules et il arrive qu'un même chondre présente plusieurs de ces points dont les aiguilles s'associent de façons variées. Il arrive que, au milieu d'un système d'aiguilles bien concordantes, quelque longue aiguille simple ou divisée se lance à la traverse sur une longueur considérable.

» Enfin, on trouve, dans la météorite de Bierbélé, et avec abondance, des chondres également fibreux, que des essais spéciaux conduisent à reconnaître pour présenter une nature feldspathique. Leurs sections sont rarement circulaires et bien plus souvent à contour cordiforme. Entre les nicols croisés, il s'y dessine quelquefois des branches sombres de croix tournantes.

» Du reste, quelle que soit leur nature, les diverses sphérules que nous venons d'énumérer sont fréquemment délimitées d'une manière très nette et même pourvues, dans bien des cas, d'une espèce d'écorce spéciale. Souvent elles sont comme recouvertes, sur une partie plus ou moins large de leur surface, d'une mince pellicule de fer nickelé, qui s'est insinuée dans un vide étroit laissé entre les chondres et la matière générale de la météorite. Cette concrétion métallique s'est continuée dans les fissures des chondres et de leur gangue, et jusque dans les plans de clivage de maints cristaux.

» La densité de la roche, prise à 10°, est égale à 3,54; et tous les caractères de la météorite de Bierbélé se réunissent pour la faire comprendre dans le type lithologique que, depuis 1870, j'ai désigné sous le nom de *Montréjite*. Cette roche, que sa structure oolithique rend spécialement remarquable, est représentée dans la collection du Muséum par des spécimens provenant de quarante chutes différentes.

» Il faut d'ailleurs rappeler que la Montréjite n'a pas seulement été observée à l'état de météorites homogènes, mais aussi comme élément de météorites bréchiformes et complexes. On citera, par exemple, les nombreuses pierres clastiques des types dits *Canellite* et *Banjite*, et cela suffira pour montrer que la Montréjite joue un rôle spécialement important dans la Géologie sidérale. »

CHIMIE ORGANIQUE. — *Chaleurs spécifiques de quelques substances organiques.* Note de M. G. **Fleury**.

« On ne connaît pas la chaleur spécifique des principales matières employées pour les vêtements de l'homme : il m'a paru utile d'en étudier quelques-unes à ce point de vue.

» La cellulose sur laquelle j'ai opéré était du papier Berzélius, sensiblement exempt de cendres. On ne pouvait déterminer sa chaleur spécifique en le plongeant dans l'eau, parce que la cellulose desséchée, puis refroidie, s'hydrate instantanément avec élévation de température. J'ai employé l'essence de térébenthine comme liquide calorimétrique. Il en a été de même pour les autres substances : on déterminait préalablement la quantité d'eau qu'elles pouvaient perdre par une exposition prolongée à 100°.

» La laine sur laquelle j'ai opéré était tissée, bien purifiée par l'éther.

» Le cuir dont il va être question était du cuir de bœuf, épais, pour semelles, déjà tanné, et laissant quelques cendres à la calcination. On l'employait sous forme de copeaux, pour obtenir un échange rapide de sa température avec celle du liquide calorimétrique.

» On ne s'est pas borné à une seule détermination; pour la cellulose, il en a été fait dix, dont on a pris la moyenne.

» Voici les nombres obtenus pour ces trois substances organiques.

	Chaleur spécifique.
Cellulose sèche	0,366
» hydratée à 7 pour 100	0,41
Laine sèche	0,393
» hydratée à 11 pour 100	0,459
Cuir sec	0,357
» hydraté à 16 pour 100	0,45

M. A.-L. **Herrera** adresse une nouvelle Note sur « L'imitation de divers phénomènes protoplasmiques avec l'oléate d'ammoniaque ».

A 4 heures, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 5 heures.

M. B.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS DANS LA SÉANCE DU 12 FÉVRIER 1900.

Commission météorologique de la Gironde : Observations pluviométriques et thermométriques de juin 1898 *à mai* 1899. Note de M. G. RAYET. Bordeaux, 1899; 1 fasc. in-8°.

Conquête du Foutah-Djalon, par le Comte de SANDERVAL. Ouvrage illustré de 200 gravures. Paris, A. Challamel, 1899; 1 vol. in-8°. (Hommage de l'Auteur.)

Banque de France. Assemblée générale des Actionnaires de la Banque de France, du 25 *janvier* 1900, *sous la présidence de M.* G. PALLAIN, *gouverneur. Compte rendu, au nom du Conseil général de la Banque, et Rapport de MM. les Censeurs.* Paris, imp. Paul Dupont, 1900; 1 fasc. in-4°.

Description des machines et procédés pour lesquels des brevets d'invention ont été pris sous le régime de la loi du 5 *juillet* 1844, publiée par les ordres de M. le Ministre du Commerce et de l'Industrie. T. XCIV (1re et 2e parties). Paris, Imp. nationale, 1899; 2 vol. in-8°.

Procès-verbaux des séances de la Société des Sciences physiques et naturelles de Bordeaux; année 1898-1899. Paris, Gauthier-Villars; Bordeaux, Feret et fils, 1899; 1 vol. in-8°.

Mémoires de la Société des Sciences physiques et naturelles de Bordeaux. 5e série, t. III, 2e cahier; t. V, 1er cahier. Paris, Gauthier-Villars; Bordeaux, Feret et fils, 1899; 2 vol. in-8°.

Revue de Mécanique, publiée sous la direction de M. HATON DE LA GOUPILLIÈRE, Membre de l'Institut. T. VI, n° 1. Paris, Vve Ch. Dunod, 1900; 1 fasc. in-4°.

Revue générale de Botanique, dirigée par M. GASTON BONNIER, Membre de l'Institut. T. XII, n° 133, livraison du 15 janvier 1900. Paris, Paul Dupont, 1900; 1 fasc. in-8°.

Journal de la Société nationale d'Horticulture de France. 4e série, t. I, janvier 1900. Paris, 1 fasc. in-8°.

Bulletin de la Société entomologique de France. 1900, n° 1. Paris, 1 fasc. in-8°.

Ligue nationale contre l'alcoolisme. Bulletin de la Société française de Tem-

pérance. 3e série, t. VI, nº 1, année 1900. Paris, Asselin et Houzeau; 1 fasc. in-8°.

L'Hygiène et la Santé, guide périodique de la famille. 2e année, nº4, décembre 1899 et janvier 1900. Paris; 1 fasc. in-4°.

Société de secours aux blessés militaires des armées de terre et de mer. Bulletin mensuel. 4e série, nº 17, 36e année, janvier 1900. Paris; 1 fasc. in-12.

Bulletin de la Société d'encouragement pour l'Industrie nationale, publié sous la direction de M. E. Collignon. 5e série, t. V, nº 1, 99e année, 31 janvier 1900. Paris; 1 fasc. in-4°.

Neuere Fortschritte in der Erkenntniss der mathematischen Erdgestalt, von F.-R. Helmert. Leipzig, B.-G. Teubner, 1900; 1 fasc. in-8°.

Communication universelle à MM. les Savants de notre planète, par Paléologos C. Candargy. Athènes, 1899; 1 fasc. in-8°. (Hommage de l'Auteur.)

Studien im Gneissgebirge des Schwarzwaldes, von H. Rosenbusch. Heidelberg, Carl. Winter, 1899; 1 fasc. in-8°.

The gneiss of petroleum and asphaltum in California, by A. S. Cooper. Sacramento, 1899; 1 fasc. in-8°.

An account of the Crustacea of Norway, with short descriptions and figures of all the species, by C.-O Sars. Vol. III, *Cumacea*, part I and II. Bergen, 1899; 1 fasc. in-8°.

Il secolo incominciò col 1900 *: disquisizioni e considerazioni* del geom. L. Calderoni. Omegna, 1900; 1 fasc. in-8°.

Nuovi teoremi di geometria in base a una triplice quadratura del circolo (par M. Cennaro di Somma, prince del Colle). Napoli, 1899; 1 vol. in-4°.

Fifty-fourth annual report of the director of the Astronomical Observatory of Harvard College, for the year ending September 30, 1899, by Edward-C. Pickering. Cambridge, Mass., 1899; 1 fasc. in-8°.

Jahrbuch des norwegischen meteorologischen Instituts für 1898; herausgeg. v. Dr H. Mohn. Christiania, 1899; 1 fasc. in-4°.

Mittheilungen der kais. königl. geographischen Gesellschaft in Wien, 1899. Rédacteur : Aug. Böhm Edler von Böhmersheim; XLII. Band. Wien, 1899; 1 vol. in-8°.

COMPTES RENDUS

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SEANCE DU LUNDI 19 FÉVRIER 1900,

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE LÉVY.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

THERMOCHIMIE. — *Recherches sur l'isomérie des dérivés sulfocyaniques*, par M. BERTHELOT.

« Les acides organiques qui dérivent de la double fonction acide et alcoolique sont susceptibles de fournir eux-mêmes deux séries de dérivés, dont certains isomères. Par exemple, les acides à 3 atomes d'oxygène, $C^nH^{2p}O^3$, peuvent s'unir à d'autres composés, en perdant leur oxygène à l'état d'eau par phases successives. Unis à l'ammoniaque en particulier, ils engendrent d'une part, en vertu de la fonction acide, un amide normal, avec élimination d'un atome d'oxygène, et un premier nitrile, avec élimination de 2 atomes d'oxygène; le tout à la facon des acides à fonction simple $C^nH^{2p}O^2$. Ce nitrile conserve, en partie du moins, la fonction alcoolique.

» D'autre part, en vertu de la fonction alcoolique, ces mêmes acides engendrent, d'abord un acide-alcali, avec perte d'un atome d'oxygène sous forme d'eau; puis l'anhydride interne (lactone) de cet acide avec perte d'un second atome d'oxygène : les corps résultants conservent, en partie du moins, la fonction acide.

» L'élimination du troisième atome d'oxygène ramène les deux séries de dérivés à un état identique, celui d'un dernier nitrile exempt d'oxygène.

» Cette théorie trouve, en principe, son application la plus simple dans l'étude des dérivés de l'acide carbonique sulfuré, CM^2S^3.

» En particulier, on admet qu'il doit exister deux types isomères, dérivés de l'union de l'acide sulfocarbonique et de l'ammoniaque, avec perte de deux atomes de soufre, sous la forme de $2H^2S$, équivalente à $2H^2O$,

$$CH^2S^3 + AzH^3 - 2H^2S = CHAzS;$$

ce sont les acides cyanique et isocyanique sulfurés, dont on connaît les éthers, c'est-à-dire les dérivés des radicaux alcooliques R,

$$CNRS \quad \text{ou} \quad Az \equiv C - S - R,$$

éthers proprement dits d'un acide amidé, et

$$CSNR \quad \text{ou} \quad S = C = Az - R.$$

imides d'un acide éthéré.

» Les derniers sont des isosulfocyanures. On les a appelés aussi du nom générique de *senfoel* (essence de moutarde), parce que cette essence naturelle est constituée en grande partie par l'isosulfocyanure d'allyle.

» Enfin, on a observé que les éthers sulfocyaniques normaux se transforment aisément, et même spontanément, en leurs isomères.

» Il m'a paru de quelque intérêt de faire l'étude thermochimique de cette isomérie remarquable.

I. — Sulfocyanure de méthyle : $C^2H^3AzS = 73$.

» Fourni par Kahlbaum. Rectifié de nouveau à point fixe : 130° ($H = 0^m,770$). Liquide.

Analyse.

	Trouvé.	Calculé.
C	32,3	32,8
H	4.33	4,1
S [1]	43,87	43,83

[1] Dosé après combustion calorimétrique, dans la bombe même.

Chaleur de combustion pour des poids voisins de $1^{gr},2$.

Rapportée à 1^{gr}...... $6196^{cal},8$; $6197^{cal},6$; $6185^{cal},5$.

Chaleur de combustion pour le poids moléculaire à volume constant... $+452^{Cal},1$
» » à pression constante. $+453^{Cal},1$

» On forme ainsi SO^4H^2 étendu.

Chaleur de formation par les éléments .... $-19^{Cal},9$

» Dans la combustion de ce composé, il se forme une dose exceptionnelle d'acide azotique, AzO^3H, telle que $0^{gr},118$ et $0^{gr},126$; dose triple ou quadruple de la dose formée dans les combustions de la plupart des composés organiques, aux dépens tant de l'azote du composé que de l'azote libre que l'oxygène composé renferme toujours. Cette dose exceptionnelle varie d'ailleurs avec le poids de l'éther sulfocyanique brûlé et diminue en même temps que ce poids.

» D'après les mesures de M. Joannis, la formation de l'acide cyanique sulfuré dissous, par les éléments, absorbe $-18^{Cal},5$; l'acide pur répondrait à une valeur numérique : $-18,5+S$, étant sa chaleur de dissolution, sans doute positive.

» On voit dès lors que la substitution de CH^3 à H absorbe ici de la chaleur, comme dans les autres cas où l'azote est lié au carbone.

II. — Isocyanure de méthyle = 73.

» Cristallisé, fusible à $+35°$.

Analyse.

	Trouvé.	Calculé.
C	32,9	32,9
H	4,2	4,1
S (1)	43,8	43,87

Chaleur de combustion pour 1^{gr}............. $6053^{cal},6$ $6045,4$ $6061,1$
Pour le poids moléculaire, à volume constant.. $+441^{Cal},6$
à pression constante. $+442^{Cal},6$
Formation par les éléments................. $-9^{Cal},4$ (état solide)

» Ainsi la transformation du sulfocyanure normal en isosulfocyanure dégage $+10^{Cal},5$. Il faut en déduire la chaleur de solidification de l'iso,

(1) Dosé dans la bombe.

soit $+2^{Cal}$ environ, ce qui ramène la transformation vers $+8^{Cal}$ à 9^{Cal}. Le signe de cette quantité concorde avec le sens de facilité de la transformation chimique réciproque des isomères.

III. — Sulfocyanure d'éthyle : $C^3H^5AzS = 87$.

» Le produit fourni sous ce nom par Kahlbaum était impur, par exception, et mélangé avec un composé plus riche en soufre et plus pauvre en azote, dont il m'a été impossible de le séparer. Après plusieurs rectifications à point fixe (145°), le produit contenait 2 centièmes de soufre en plus, et 2 centièmes d'azote en moins [1]. Il a été rectifié de nouveau à une basse pression (37^{mm}) et à basse température (56°), sans que sa composition ait été modifiée [2]. Il renfermait sans doute quelque éther sulfocarbonique, de point d'ébullition identique, ou presque identique.

» C'est pourquoi nous avons préparé nous-même le sulfocyanure d'éthyle, en distillant un mélange de sulfovinate de potassium et de sulfocyanure de potassium, à la plus basse température possible, par le procédé de Cahours. On a décanté l'eau, séché le produit sur du chlorure de calcium fondu, puis on l'a rectifié à point fixe, à 143°. Liquide

Analyse.

	Trouvé.	Calculé.
C	41,2	41,37
H	5,8	5,7
Az	16,2	16,1
S	36,8 [3] / 36,7 [4]	36,8

(1)

C	41,0
H	6,1
S	38,6
Az	14,2

On voit que le dosage du carbone et de l'hydrogène est insuffisant pour établir la pureté du composé.

(2)

C	41,2
H	6,2
S	38,5

(3) Par le carbonate de soude et l'oxygène.

(4) Dans la bombe.

Chaleur de combustion pour 1gr....................	7037cal,6	7043,6
Pour le poids moléculaire, à volume constant.......	+612Cal,5	
» à pression constante......	+613Cal,8	
Formation par les éléments	−17,25 (liquide)	

» Il y a un excès de +2Cal,7 par rapport au dérivé méthylé ; excès dont l'existence est conforme aux analogies.

IV. — Isosulfocyanure d'éthyle = 87.

» Distillé à point fixe : 131°5-132° (0m,765).

Analyse.

	Trouvé.	Calculé.
C...............	41,2	41,36
H...............	5,8	5,7
S (1)............	36,8	36,8

Chaleur de combustion pour 1gr....................	6934cal,5	6922,8
Pour le poids moléculaire, à volume constant.......	+602Cal,8	
» à pression constante. . .	+604Cal,1	
Formation par les éléments	−7Cal,6 (liquide)	

» La transformation du composé éthylique normal en iso dégage +9Cal,6; ce qui concorde avec le résultat observé pour les éthers méthyliques. La relation tant chimique que thermochimique peut donc être regardée comme générale.

V. — Isosulfocyanure de phényle (Phénylsenfoel) : $C^7H^5SAz = 135$.

» Rectifié à point fixe : 221°,5 (therm. non corrigé).

Analyse.

	Trouvé.	Calculé.
C....................	62,2	62,2
H....................	3,9	3,7
S (2).................	23,65	23,7

Chaleur de combustion pour 1gr...............	7539cal,3	7556cal,8
Pour le poids moléculaire, à volume constant....	+1019Cal,0	
» à pression constante..	+1020Cal,3	
Formation par les éléments...................	−46,5 (liquide)	

(1) Dans la bombe.
(2) Dans la bombe.

» Entre le dérivé éthylé (C^3) et le dérivé phénylé (C^7), de *même* fonction, la différence est -39^{Cal}.

» Or, entre les alcools propylique et benzylique, la différence est

$$70,8 - 78,6 = -37,8,$$

ce qui concorde suffisamment.

» Quant au sulfocyanure de phényle normal, on sait qu'il se change de lui-même et rapidement en iso; ce qui n'a pas permis de l'étudier.

VI. — ISOSULFOCYANURE D'ALLYLE : $C^4H^5AzS = 99$. (Essence de moutarde.)

» Rectifié à point fixe : 151°.

Analyse.

	Trouvé.	Calculé.
C	48,5	48,5
H	5,25	5,05
S (1)	32,2	32,3

Chaleur de combustion pour 1^{gr}	$7376^{cal},1$	$7395^{cal},1$
Pour le poids moléculaire, à volume constant...		$+ 731^{Cal},2$
» à pression constante.		$+ 732^{Cal},6$
Formation par les éléments		$- 41^{Cal},8$ (liquide)

» Le sulfocyanure normal n'a pas été examiné, à cause de sa rapide transformation en isomère.

» J'ai cru devoir joindre à l'étude de l'isosulfocyanure d'allyle celle de son dérivé ammoniacal, ou *urée allylsulfurée.*

VII. — THIOSINAMINE : $C^4H^8Az^2S = 116$.

» Cristallisée. Ne perd pas de son poids dans le vide.

Analyse.

	Trouvé.	Calculé.
C	41,1	41,05
H	7,05	7,0
S (2)	27,0	27,0

(1) Bombe.
(2) Bombe.

Chaleur de combustion pour 1^{gr}	$6817^{cal},4$	$6809^{cal},8$
Pour le poids moléculaire, à volume constant		$+790^{Cal},4$
» à pression constante		$+781^{Cal},8$
Formation par les éléments		$-6^{Cal},48$

» D'où il suit que la réaction génératrice

$$C^4H^5AzS \text{ liq.} + AzH^3 \text{ liq.} = C^4H^8Az^2S \text{ solide, dégage } +18^{Cal},7$$
$$-41,8+16,6 \qquad\qquad 6,5$$

(nombre dont il faudrait déduire la chaleur de formation F pour rendre les états comparables).

» Ce dégagement de chaleur est fort voisin de celui qui répond à la transformation de l'acide cyanique dissous et de l'ammoniaque dissoute en urée dissoute, soit la forme de deux effets : neutralisation et changement isomérique :

$$+10,9+8,3=+19,2.$$

(*Thermochimie : Données numériques*, t. II, p. 172). »

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la détermination des intégrales de certaines équations aux dérivées partielles par leurs valeurs sur un contour fermé*; par M. **Émile Picard**.

« J'ai repris l'année dernière (*Comptes rendus*, 19 juin 1899) mes anciennes recherches sur l'extension du problème de Dirichlet aux équations linéaires aux dérivées partielles du type elliptique. Prenant en particulier l'équation

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x^2}+\frac{\partial^2 u}{\partial y^2}+a\frac{\partial u}{\partial x}+b\frac{\partial u}{\partial y}+cu=0, \tag{1}$$

dans le cas où les coefficients a, b, c sont des fonctions analytiques de x et y, j'ai indiqué comment on pouvait établir l'existence de l'unique solution prenant sur un contour régulièrement analytique *suffisamment petit* une succession donnée de valeurs, en supposant que cette succession représentât une fonction continue ayant seulement un nombre limité de maxima et de minima. Je voudrais montrer aujourd'hui que cette dernière restriction peut être levée, et que le problème peut être résolu sous la seule condition que la succession donnée des valeurs soit continue.

» Sans nous servir même du résultat que je viens de rappeler, il suffira de partir de la solution que j'ai indiquée autrefois du problème (*Journal de l'École Polytechnique*, 1890), en admettant que la fonction donnée sur le contour ait des dérivées première et seconde. Nous supposons d'ailleurs, ce qui ne restreint pas la généralité, que le contour soit une circonférence C, et nous désignons la fonction donnée sur la circonférence par $F(\theta)$. Je commence alors par montrer, ce qui est le point capital déjà indiqué (*Comptes rendus, loc. cit.*), que dans toute aire Γ intérieure à C, les valeurs absolues des dérivées premières et secondes de la fonction u satisfaisant à (1) et prenant sur C les valeurs $F(\theta)$ sont moindres que kM [k étant un nombre fixe indépendant de F, et M représentant le maximum de $|F(\theta)|$]. On voit, en outre, facilement que pour tout point à l'intérieur de C, on a

$$|u| < \lambda M,$$

λ étant aussi un nombre fixe. On suppose, bien entendu, dans tout cela que la circonférence C est suffisamment petite.

» Ceci posé, prenons une fonction continue périodique quelconque $f(\theta)$. On sait que l'on peut la développer en une série

$$f(\theta) = f_1(\theta) + f_2(\theta) + \ldots + f_n(\theta) + \ldots,$$

les $f_i(\theta)$ étant des suites limitées de Fourier, et cela de telle façon que

$$|f_n(\theta)| < \varepsilon_n,$$

les ε étant des constantes et la série $\varepsilon_1 + \ldots + \varepsilon_n + \ldots$, étant convergente.

» Formons maintenant l'intégrale $u_n(x, y)$ prenant sur C la valeur $f_n(\theta)$; c'est un problème que nous savons résoudre. Il faut montrer que l'intégrale de (1) prenant sur C la valeur $f(\theta)$ est représentée par

$$(2) \qquad u_1(x, y) + u_2(x, y) + \ldots + u_n(x, y) + \ldots.$$

» Or, avec les remarques faites plus haut, ceci ne présente plus de difficultés. La série (2) prend d'abord sur C la valeur $f(\theta)$. D'autre part, dans toute aire Γ intérieure à C, les séries des dérivées premières et secondes telles, par exemple, que

$$\frac{\partial u_1}{\partial x} + \frac{\partial u_2}{\partial x} + \ldots + \frac{\partial u_n}{\partial x} + \ldots,$$
$$\frac{\partial^2 u_1}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u_2}{\partial x^2} + \ldots + \frac{\partial^2 u_n}{\partial x^2} + \ldots;$$

sont uniformément convergentes, ce qui suffit à établir que la fonction

$$U = u_1 + u_2 + \ldots + u_n + \ldots$$

satisfait à l'équation différentielle

$$\frac{\partial^2 U}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 U}{\partial y^2} + a\frac{\partial U}{\partial x} + b\frac{\partial U}{\partial y} + cU = 0.$$

» La recherche de l'intégrale continue de l'équation (1) prenant des valeurs données sur un contour régulièrement analytique et suffisamment petit, est donc complètement effectuée sous la seule condition que *la succession des valeurs données soit continue.* Les différentes hypothèses restrictives faites sur ces valeurs disparaissent donc. Je rappelle que si l'on ne fait pas l'hypothèse que les coefficients soient analytiques, et si l'on suppose seulement que a, b, c ont des dérivées premières continues, on est obligé d'admettre avec mes modes de démonstrations que la fonction donnée sur le contour a des dérivées des trois premiers ordres.

» Le résultat général que nous venons d'obtenir trouve évidemment son application dans divers cas particulièrement intéressants. Ainsi dans une région du plan (x, y) où le coefficient c est négatif, une intégrale continue est complètement déterminée par ses valeurs sur un contour de dimensions quelconques régulièrement analytique; d'après ce qui précède, les valeurs sur le contour ne seront assujetties qu'à la seule condition de représenter une fonction continue. »

GÉOLOGIE. — *Déformation tétraédrique de la Terre et déplacement du pôle.* Note de M. **Marcel Bertrand**.

« Lowthian Green [1] a le premier signalé, dans les traits de la géographie actuelle, les éléments d'une symétrie tétraédrique.

» Il y a, suivant trois fuseaux méridiens, trois Océans qui séparent (en admettant une continuation virtuelle de la mer Rouge vers le nord) trois masses continentales d'importance à peu près équivalente. Chacun des continents a sa pointe tournée vers le sud, où elle se perd dans une mer circumpolaire, entourant un continent antarctique; les pointes sont déviées vers l'est et, vers le milieu de chaque masse continentale, il y a une coupure, une grande dépression presque équatoriale : la Méditerranée

---

(1) *Vestiges of the molten globe,* London, 1873.

entre l'Europe et l'Afrique, les détroits de la Sonde entre l'Asie et l'Océanie, l'isthme de Panama, entre les deux Amériques. C'est cette dépression qui, prolongée par la pensée à travers les Océans, forme au globe une ceinture continue et a reçu par extension le nom de *dépression méditerranéenne*.

» Lowthian Green a, je crois, le premier appliqué le principe d'isostasie, en expliquant que le soulèvement des continents au nord et leur abaissement progressif au sud suffisait, par suite de la rotation de la Terre (les points arrivant à leur nouvelle position avec une vitesse ou trop grande ou trop faible), à produire la déviation vers l'est des pointes méridionales. Il a été plus loin et a suggéré que le mouvement inverse des parties nord et sud avait pu, par torsion, produire la dépression méditerranéenne. Pour lui, la Terre serait assimilable à un tétraèdre presque régulier, à faces et arêtes assez courbes pour s'écarter très peu de la sphère terrestre; le sommet du tétraèdre serait au pôle Sud et la base serait formée par un plan passant par les centres de gravité des trois masses continentales.

» Lowthian Green a poussé très loin les conséquences de cette assimilation, jusqu'à en déduire, par le calcul de l'attraction du Soleil sur les saillies tétraédriques (comparables comme masse au bourrelet équatorial), l'angle de l'équateur avec l'écliptique.

» Mais un tétraèdre fixe ne peut rendre compte de l'incessante variation des formes du globe, et la brillante conception de Lowthian Green est restée stérile pour la géologie, jusqu'au jour où M. Michel-Lévy eut l'idée, simple et féconde [1], d'appliquer la même notion à l'étude des roches volcaniques. M. Michel-Lévy considéra l'ensemble des roches tertiaires et montra que la plupart d'entre elles se coordonnent suivant les arêtes d'un tétraèdre presque régulier. Ce tétraèdre n'est plus celui de Lowthian Green; il n'a plus son sommet au pôle Sud, mais à un point qui en est distant d'une vingtaine de degrés.

» Les roches volcaniques sont sorties par des lignes de fractures; M. Michel-Lévy substituait donc à la notion un peu arbitraire des formes géographiques, un phénomène précis et bien défini; il a pu en conclure, non plus que la Terre tend vers une figure tétraédrique, mais qu'elle se fend suivant les arêtes d'un tétraèdre. De plus, en ne faisant plus passer au pôle l'axe de ce tétraèdre, il suggérait implicitement [2] l'idée de son déplacement probable dans les temps géologiques.

» M. Michel-Lévy, en appliquant son étude à l'ensemble des roches tertiaires, se donnait un certain jeu, et il en a naturellement profité pour choisir, entre toutes les figures possibles, celle qui se rapprochait le plus d'un tétraèdre régulier. Il a fort heureusement ainsi remis en faveur l'idée de la déformation tétraédrique, conforme au fond à ce que donnent les expériences de Fairbairn, sur l'écrasement des tubes à section circulaire. Cette première approximation était presque nécessaire pour que la notion de l'importance théorique du tétraèdre pût se dégager et se répandre. Une fois cette importance admise, au lieu de négliger, comme on en aurait été tenté,

---

(1) *Sur la coordination et la répartition des fractures et des effondrements de l'écorce terrestre* (*Bull. Soc. Géol.*, 3e série, t. XXVI, p. 105).

(2) M. Michel-Lévy conclut à la fixité probable des arêtes méridiennes, et à une variabilité des arêtes de base autour de leur position moyenne.

le tétraèdre vrai et dissymétrique, on se dit que, s'il n'est plus régulier, il l'a été et qu'il ne l'est plus, *parce qu'il a été déformé.*

» Il n'en est pas moins vrai que la conception du tétraèdre ne pouvait porter tous ses fruits, tant que l'idée de symétrie primait celle de variabilité, et tant que l'on ne s'attachait pas à ne considérer que le tétraèdre relatif à une époque bien déterminée. C'est ce que j'ai essayé de faire en ne m'occupant que des éruptions actuelles. J'ai pris simplement une carte des volcans actuels ou historiques, et je les ai joints par des lignes continues. Là où les intervalles étaient trop grands, je me suis servi du principe que les éruptions ont lieu suivant les lignes de dépression, et j'ai trouvé ainsi que toutes les éruptions actuelles, *sans exception,* s'ordonnent suivant six lignes légèrement sinueuses que, pour simplifier le langage, j'appellerai des grands cercles déformés. Trois d'entre eux dessinent la zone méditerranéenne et se coupent deux à deux aux points de rencontre des lignes méridiennes. Les trois autres vont converger non loin des pôles. Pour que les six lignes comprennent réellement tous les points volcaniques, il faut admettre en outre que localement elles s'épaississent en quelque sorte ou plutôt se dédoublent pour embrasser des aires de dépression ou d'activité volcanique (*fig.* 1). Le fait est notamment marqué pour quatre des sommets [1], comme si les pointes tétraédriques y étaient remplacées par quatre troncatures.

» En réalité, si l'on remplace les trois cercles de la zone méditerranéenne par les trois côtés d'un triangle moyen, on voit que les lignes de la figure dessinent deux tétraèdres opposés par la base, avec six de leurs arêtes médianes.

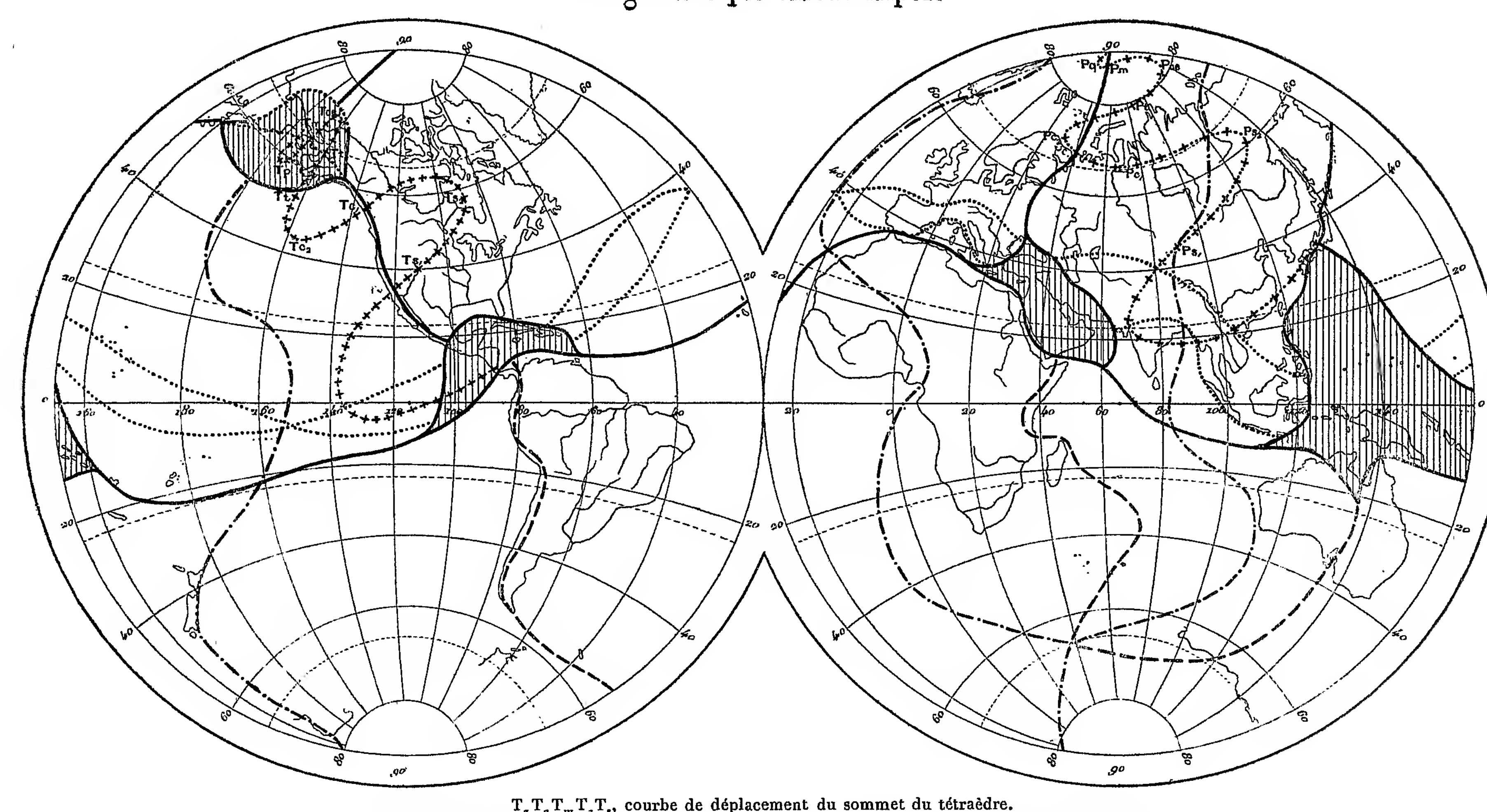
» Entre ces deux tétraèdres, la répartition des évents volcaniques se fait à peu près également; il n'y aurait donc pas lieu, d'après la figure, d'attacher plus d'importance à l'un qu'à l'autre; mais la spécialisation des éruptions suivant les six grands cercles indique avec évidence que ce sont les lignes suivant lesquelles les matières lourdes et fondues de l'intérieur sont les plus rapprochées de la surface. Ce sont donc précisément les lignes dont j'ai parlé dans ma Note précédente et le long desquelles, par suite de l'augmentation de la pesanteur, se forment les géosynclinaux qui précèdent les chaînes de montagnes. Or, quand nous suivrons le déplace-

---

(1) Il en serait probablement de même, si l'on avait plus de documents, pour le cinquième sommet, près du pôle Sud.

Fig. 1.

TÉTRAÈDRE DES FRACTURES VOLCANIQUES
et ligne de déplacement du pôle



$T_a T_q T_m T_c T_s$, courbe de déplacement du sommet du tétraèdre.

T_a, T_q, T_m, T_{ce}, T_t, T_{c_2}, T_{c_1}, T_{s_2}, T_{s_1}, positions du sommet du tétraèdre, aux époques actuelle, quaternaire, miocène, cénomanienne, triasique et à celles du carbonifère supérieur (c_2), du carbonifère inférieur (c_1), du silurien supérieur (s_2) et du silurien inférieur ou cambrien (s_1).

$PP_a P_m P_t$, $P_c P_s$, courbe auxiliaire de déplacement relatif du pôle.

Nota. — Les deux lignes pointillées, dans le sud de l'Asie ont été mal reproduites et devraient se couper sur l'arête médiane.

ment de la figure dans les temps géologiques, nous verrons que toutes les chaînes, à l'exception des Andes, se sont formées suivant les arêtes du tétraèdre nord; c'est donc celui qu'il importe de considérer; c'est celui dont les arêtes ont été marquées en traits pleins sur la figure.

» Ce tétraèdre est très loin d'être régulier, plus même que ne l'est le tétraèdre sud; mais tel qu'il est, et par cela seul qu'il est vrai, il devient un merveilleux instrument de recherches, qui conduit sans effort à des conséquences capitales.

» Et d'abord, un des sommets est, auprès du détroit de Behring, *sur le cercle polaire*. Or, dans l'origine, par raison de symétrie, un axe du tétraèdre devait coïncider avec l'axe de rotation. De plus, du moment que l'axe des pôles est variable, qu'on ne peut plus le considérer comme ayant une position fixe déterminée par une impulsion initiale, il a dû certainement au début coïncider avec l'axe de l'écliptique. A l'origine de l'histoire de la Terre, l'axe de l'écliptique, l'axe des pôles et l'axe du tétraèdre ne faisaient qu'une seule et même droite. L'axe des pôles ne coïncide plus avec l'axe, sensiblement invariable, du système solaire; il s'est donc déplacé. Le sommet du tétraèdre est sur le cercle polaire; l'axe des pôles s'est donc déplacé par rapport à lui du même angle qu'il s'est déplacé par rapport à l'écliptique.

» On peut se demander, il est vrai, si ce n'est pas là un simple hasard, ou un fait accidentel, spécial à l'époque actuelle. D'autres coïncidences, plus singulières encore, m'ont empêcher de m'arrêter à cette idée. J'ai montré autrefois que l'écorce terrestre se plisse suivant un système fixe de lignes orthogonales, figurant un réseau de méridiens et de parallèles; j'avais dès lors fait remarquer que le point de croisement des méridiens devait marquer la position originelle du pôle au début des temps géologiques. J'avais dit que le point de convergence était situé au-dessus de l'île Patrick ([1]); mais, en reprenant mes anciens tracés, j'ai vu qu'on pouvait seulement répondre de l'existence d'un faisceau très aminci, et non d'un point géométrique de convergence. Or ce faisceau aminci, prolongé de quelques dégrés, va passer au sommet du tétraèdre. D'autre part, Lowthian Green a indiqué que la dépression méditerranéenne, avec son prolongement par la région des détroits de la Sonde et de l'isthme de Panama, dessine assez exactement un petit cercle dont l'angle avec l'équateur est égal à l'angle de l'écliptique. Le pôle de ce petit cercle vient encore se placer au sommet du tétraèdre.

([1]) *Bull. Soc. Géol.*, 3e série, t. XX, p. 164.

» Toutes ces coïncidences me semblent légitimer la conviction que le sommet du tétraèdre était le pôle primitif, et que l'axe qui lui correspond était l'axe primitif de rotation. Cet axe, par suite de la rotation actuelle, décrit journellement un cône, dont l'axe de l'écliptique est une des génératrices. Si l'on suppose la rotation de la Terre arrêtée, à quelque moment qu'on l'arrête et quelque mouvement propre qu'on prête à l'axe du tétraèdre par rapport à l'écliptique, l'axe des pôles doit prendre part solidairement à ce mouvement, pour que la distance angulaire du sommet et du pôle reste celle qui est donnée par l'observation. Tant que nous n'aurons donc à parler que de mouvements relatifs à la Terre, nous pourrons raisonner comme si l'axe du tétraèdre restait fixe. En d'autres termes, l'axe du tétraèdre et, par conséquent, le tétraèdre ne participent pas au mouvement qui entraîne et fait varier de position l'axe des pôles.

» Il y a là une difficulté qui m'a longtemps arrêté. Comment concevoir un déplacement appréciable du pôle sans un déplacement d'ensemble des inégalités de la surface? Et comment ce déplacement n'entraîne-t-il pas le sommet du tétraèdre? Il faut se souvenir, pour expliquer la chose, que le tétraèdre de surface, comme je l'ai montré, se dessine sous l'influence des inégalités de pesanteur déterminées par l'existence d'un tétraèdre interne; c'est donc en quelque sorte un tétraèdre *réfléchi*. On peut se figurer l'écorce terrestre comme un miroir qui reflète, avec un certain retard, un état de choses existant à l'intérieur. Or si, dans un miroir mobile, l'image d'un point reste fixe, c'est que ce point ne participe pas au mouvement du miroir; l'intérieur de la Terre ne participe donc pas au mouvement de la surface, et ce mouvement se réduit à l'entraînement d'une mince couche superficielle. C'est le résultat que j'ai déjà indiqué et que j'ai traduit par la comparaison de la Terre avec une orange à écorce mobile.

» Dans cette manière de voir, le tétraèdre ne représente que la forme des surfaces d'égale densité, déformées par le refroidissement. Pour comprendre la portée de cette conclusion, il faut se reporter à la théorie du refroidissement. Cette théorie, au point où l'ont menée les travaux des physiciens anglais ([1]), nous montre (*fig.* 2) un noyau central, composant la masse principale de la Terre (plus des $\frac{9}{10}$ du volume), dans lequel la température n'a pas pratiquement varié; au-dessus vient une enveloppe de 600^{km} environ, où chaque couche se refroidit trop pour occuper la place que lui impose la condition de constante application sur le noyau, et est

([1]) *Distribution of strain in the earth's crust*, by Ch. Davison, *with a note*, by G.-H. Darwin, *Phil. transactions of the Royal Society*, vol. CLXXVIII (1887).

par conséquent comprimée verticalement, avec tendance à l'extension. Au-dessus se trouve une couche de *nulle tension*, puis une écorce mince qui ne se refroidit pas assez, qui par suite est soumise à des compressions tan-

Fig. 2.



Coupe à l'échelle de la déformation tétraédrique de la Terre, dans l'hypothèse d'un tétraèdre régulier.

Échelle $\frac{1}{100000000}$.

L'épaisseur de l'écorce mobile (trait noir) est plus que décuplée.

gentielles et doit se plisser. C'est le plissement de cette écorce que M. Fisher (¹) juge avec raison insuffisant pour expliquer les inégalités de

(¹) *Physics of the earths crust*, by the Rev. Osmond Fisher, 2ᵉ édit., Londres, 1889.

la surface; j'ai montré, en effet, que ces inégalités sont surtout dues à la répercussion des changements internes qui correspondent, dans la couche de 600^{km} soumise à des efforts d'extension, à des différences de volume trois cents fois plus considérables. Le plissement de l'écorce n'est qu'un phénomène qui se superpose à des changements d'un ordre beaucoup plus grand.

» Les changements dont le tétraèdre superficiel nous reflète l'existence se passent donc dans la couche de 600^{km}, et nous pouvons dire quels sont ces changements : chaque couche sphérique est comprimée pour aller occuper sans discontinuité sa nouvelle position, et, sous l'influence de ces compressions normales, elle se transforme en un tétraèdre à angles émoussés. En se fondant sur la courbe donnée par M. Davison, on trouve que la forme tétraédrique doit être surtout accusée à la profondeur de 100^{km}; puis elle va s'atténuant de part et d'autre, à la fois du côté du noyau et du côté de la couche de nulle tension (*fig.* 2).

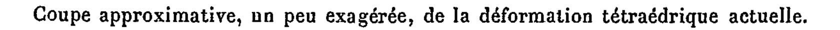
» Il est clair maintenant que c'est suivant la couche de nulle tension, entre la zone qui se contracte et celle qui se distend, que doit avoir lieu le *décollage*, et que c'est sur cette surface, avec de nouvelles couches sans cesse entraînées par le frottemen,t que doit se produire le glissement de l'écorce mobile. M. Darwin évalue l'épaisseur de cette écorce à moins de 4^{km} (2 milles). Ce nombre s'accorde bien avec les données géologiques, pourvu que cette épaisseur soit prise, non au-dessous de la surface actuelle, mais au-dessous d'une sphère de comparaison passant par les pôles et ne tenant pas compte des inégalités de la surface, y compris le bourrelet équatorial [1]. Il convient aussi de rappeler que l'épaisseur de cette écorce croît proportionnellement au temps. La *fig.* 2 représente la déformation tétraédrique théorique; les *fig.* 3 et 4 représentent approximativement, avec un peu d'exagération, deux coupes de la déformation actuelle. En combinant ces deux coupes avec la Carte, on voit que le tétraèdre s'est aplati, que deux de ses arêtes se sont rapprochées et que les prolongements des arêtes tendent à ouer un rôle équivalent à celui des arêtes elles-mêmes.

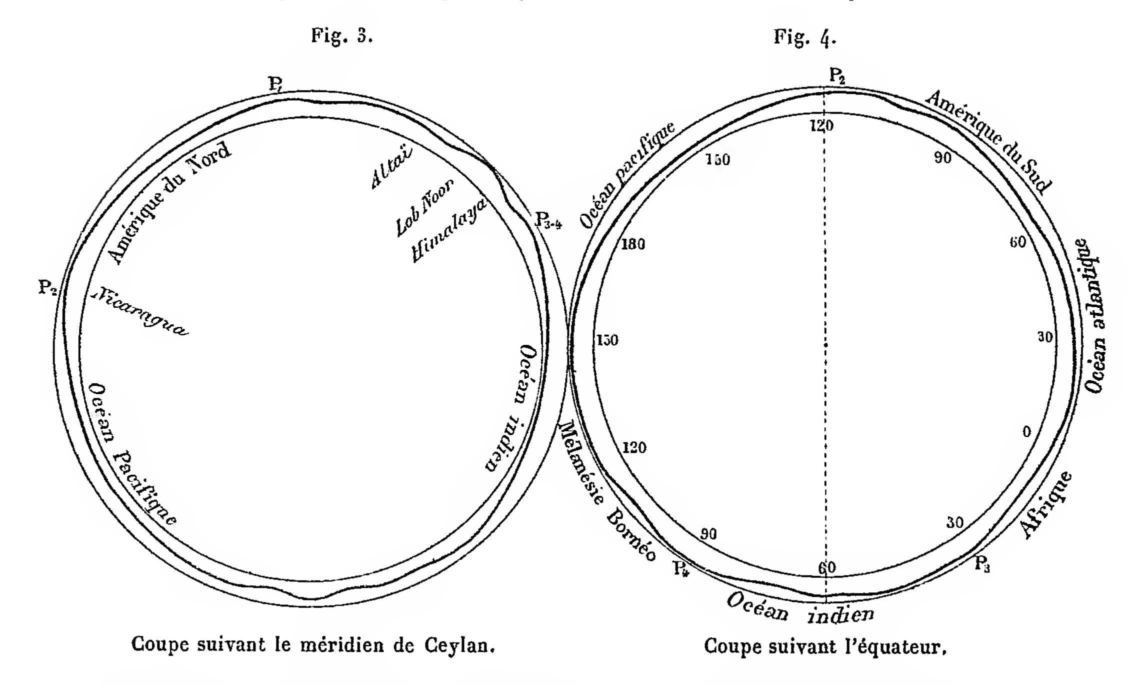
» Revenons maintenant au tétraèdre de surface; il résulte, comme je l'ai expliqué, des différences de pesanteur déterminées par l'existence du

---

(1) En effet, le calcul de M. Darwin ne fait pas entrer en ligne de compte la température de chaque couche, mais seulement sa dérivée $\frac{d\varphi}{dx}$, qui n'est pas sensiblement modifiée par l'adjonction à une sphère théorique des inégalités de la surface, puisque théoriquement elle est actuellement constante jusqu'à une profondeur de 30^{km}.

tétraèdre interne. Les chaînes de montagnes se forment au-dessus des arêtes, et les chaînes méditerranéennes en particulier, au-dessus des arêtes de base. Ces chaînes méditerranéennes, au moment de leur formation, faisaient donc en moyenne avec l'équateur terrestre un angle égal à celui de


Coupe approximative, un peu exagérée, de la déformation tétraédrique actuelle.



Coupe suivant le méridien de Ceylan.

Coupe suivant l'équateur.

l'écliptique ([1]). Mais on peut préciser : on connaît plusieurs phases dans la formation d'une chaîne, et en particulier celles qui sont mises en évidence par les grandes transgressions. La transgression du début de la chaîne (dévonien supérieur, permien supérieur, helvétien) nous fait connaître la ride formée au début au nord de la cuvette géosynclinale; la transgression

---

([1]) Cette proposition et les suivantes concernent évidemment l'équateur ancien; mais, si étrange que cela puisse paraître, *elles s'appliquent aussi à l'équateur actuel.* Nous verrons, en effet, que le déplacement du pôle se décompose en deux mouvements, dont l'un est un déplacement d'ensemble, qui ne change pas la position du pôle (ni, par suite, de l'équateur) par rapport à la géographie terrestre, et dont l'autre est une rotation autour de l'axe du tétraèdre, qui ne déplace pas le petit cercle situé dans le plan de base. Les chaînes méditerranéennes, par l'angle de leurs lignes directrices *avec l'équateur actuel*, nous font donc connaître l'ouverture du cercle polaire au moment des différentes phases de leur formation.

du milieu de la chaîne (silurien supérieur, stéphanien, cénomanien) nous fait connaître une nouvelle ride formée au centre de la chaîne.

» Chacune de ces deux rides permet de déterminer la position du sommet du tétraèdre à l'époque correspondante. Mais, de plus, à chaque instant, le fond de la cuvette géosynclinale marque la ligne où s'accumule la plus grande épaisseur de sédiments. On peut donc énoncer ce théorème :

» *Si pour une couche quelconque, dans la région méditerranéenne, on détermine la zone de plus grande épaisseur (l'axe commun des courbes d'égale épaisseur), on trouvera une ligne voisine d'un petit cercle, dont l'angle avec l'équateur est égal à l'angle de l'écliptique au moment du dépôt; le pôle du petit cercle est le sommet du tétraèdre.* C'est pour la même raison que le petit cercle méditerranéen est incliné de 23° sur l'équateur.

» On conçoit ainsi que la géologie nous donne le moyen de déterminer à chaque instant la position de l'axe du tétraèdre. La courbe que je donne (*fig.* 1) n'est qu'une première approximation; mais je suis sûr d'un nombre suffisant de points pour affirmer que l'allure générale est bien exacte, ainsi que le déplacement moyen le long de la côte américaine du Pacifique. La forme de cette courbe correspond d'une manière remarquable à ce qu'avait fait prévoir la théorie des chaînes de montagnes; pour essayer d'en déduire le déplacement du pôle, il faut revenir sur l'étude géologique de la formation des chaînes simultanées et chercher leur influence sur le déplacement du pôle d'inertie.

» Quand une chaîne de montagnes se forme suivant une arête du tétraèdre, d'autres chaînes se forment simultanément suivant d'autres arêtes.

Fig. 5.

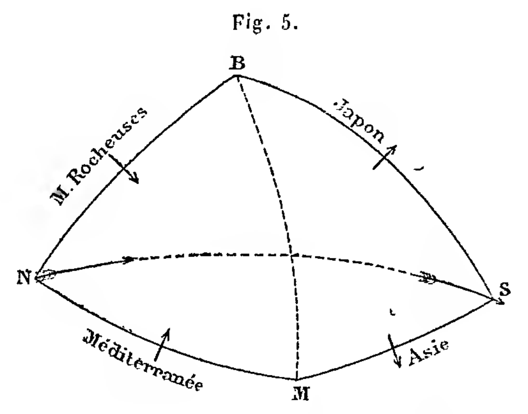


Schéma des chaînes de montagnes tertiaires.

Ainsi, dans la période tertiaire (*fig.* 5), on peut distinguer quatre chaînes, correspondant à autant d'arêtes d'un tétraèdre peu éloigné du tétraèdre

actuel ; ce sont, d'une part, une chaîne européenne (Alpes) et une chaîne américaine (montagnes Rocheuses); d'autre part deux chaînes asiatiques (Himalaya et chaînes d'îles du Japon). Ces quatre arêtes forment une courbe fermée qui entoure toute la Terre. Or on sait que dans les deux premières les charriages ont eu lieu vers l'intérieur du tétraèdre; par conséquent, pour que les mouvements ne se compensent pas, et pour qu'il se produise l'entraînement dont témoigne la courbe décrite par le sommet T, il faut que le charriage des deux chaînes asiatiques ait lieu vers l'extérieur du tétraèdre. En d'autres termes, le déplacement de la matière en Asie a eu lieu vers le sud et vers l'est; c'est ce qu'a montré, en effet, M. Suess (1).

» Il est clair, par raison de continuité, que la formation des chaînes ne peut pas sauter brusquement d'une arête à une autre. C'est donc toujours la même courbe, formée des quatre mêmes arêtes, qui, à de certains moments, par le mécanisme indiqué, déforme l'écorce au passage et détermine sur le globe une nouvelle ceinture de montagnes. Dans les tétraèdres successifs, ce sont donc toujours les mêmes arêtes qui restent inactives; pour le tétraèdre des temps secondaires et tertiaires, ces arêtes inactives ont été : l'arête méridienne qui passe en Russie et aboutirait à la mer Morte, arête qu'on peut appeler l'*arête moscovite*, et l'arête méditerranéenne qui traverse le Pacifique, entre le lac de Nicaragua et les îles de la Sonde.

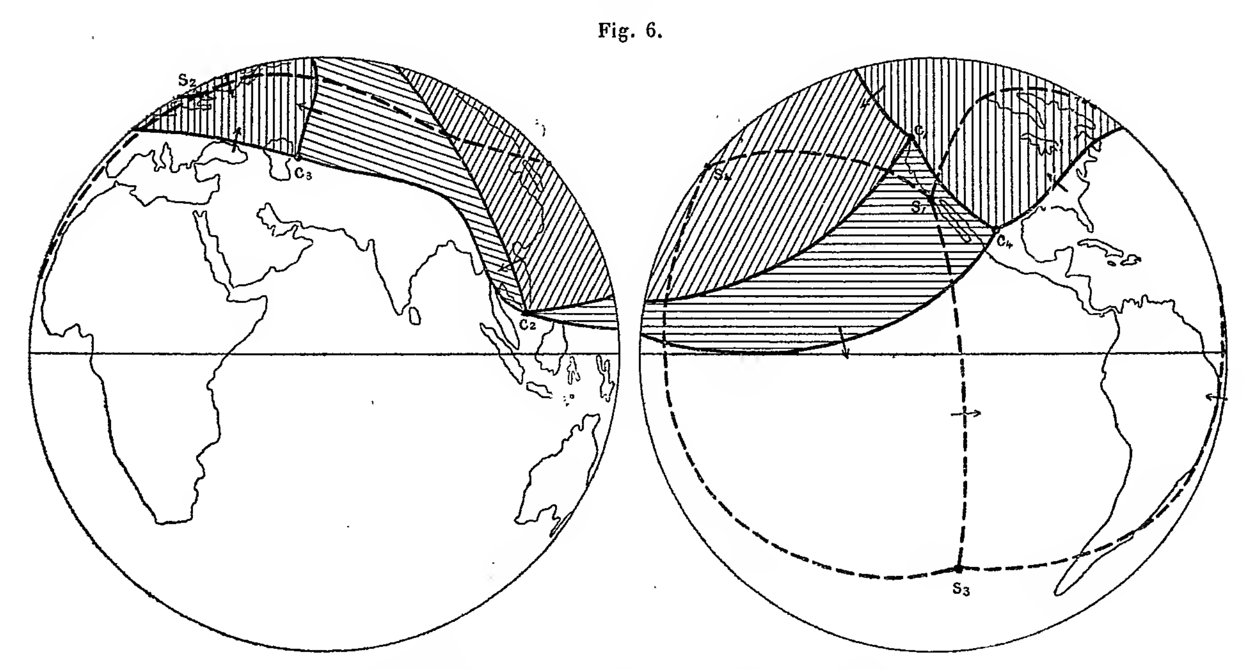
» J'ai essayé de reconstruire les tétraèdres des chaînes carbonifères et siluriennes, en choisissant l'époque de début des chaînes, c'est-à-dire l'époque dinantienne et l'époque cambrienne (*fig.* 6). On retrouve bien pour chacun d'eux les quatre chaînes, formant au globe une ceinture complète, pourvu qu'on suppose au fond du Pacifique, en face des Andes, l'existence d'une chaîne disparue. Les arêtes inactives pour la première sont l'arête des montagnes Rocheuses et l'arête méditerranéenne asiatique; pour la seconde (2), ce seraient l'arête du Japon et l'arête méditerranéenne atlantique. On voit donc que, d'une chaîne à l'autre, il y a rotation de 120° en-

(1) C'est là le seul point, avec l'impossibilité des soulèvements en masse, sur lequel je n'étais pas arrivé à me laisser convaincre par les arguments de M. Suess. C'est avec une grande satisfaction que j'ai vu ici la théorie lui donner raison. On me permettra à cette occasion de rendre hommage au maître incomparable qui a transformé la Géologie, qui a poussé la synthèse au point de rendre possible un essai de théorie, et qui partout a si bien compris et deviné les conséquences des faits observés, que la théorie, pour ne pas s'égarer, n'a qu'à suivre ses indications.

(2) Le tétraèdre cambrien montre un point important. La chaîne scandinave fait à ce moment partie de l'arête asiatique; on s'expliquerait ainsi comment M. Törnbohm a trouvé dans cette chaîne des charriages dirigés vers le sud-est.

viron autour de l'axe des tétraèdres ([1]), et que les arêtes méridiennes s'échangent d'une chaîne à l'autre; c'est ce qui explique comment elles semblent occuper toujours à peu près la même position à la surface du globe. Il résulte de là que le tétraèdre tourne autour de son axe, d'un mouvement

Fig. 6.



Tétraèdres des débuts des périodes carbonifère et silurienne.

qui n'entraîne pas l'écorce, et dont il faut tenir compte si l'on veut déterminer la position du pôle, d'après la position à chaque époque du sommet du tétraèdre. Ce mouvement de rotation est très probablement, comme je l'expliquerai, le résultat de l'attraction différente du Soleil sur les saillies du tétraèdre interne et sur celles du tétraèdre de surface. Le mouvement apparent est dans le sens direct; le mouvement du tétraèdre est donc *rétrograde*.

» Pour arriver à construire les positions du pôle, il faut encore se rendre compte s'il a un mouvement propre par rapport à la Terre. Or, en re-

---

([1]) En réalité, c'est seulement entre les deux tétraèdres carbonifère et triasique que l'angle est sensiblement de 120°; il est un peu plus grand entre les tétraèdres de la *fig.* 6, et un peu moindre entre les tétraèdres triasique et actuel. Cela peut tenir à la déformation du tétraèdre, mais cela peut aussi suggérer l'idée que le mouvement de rotation, comme tous les autres, s'amortit avec le temps.

prenant la *fig.* 5, on peut se rendre compte, d'après les formules auxquelles j'ai déjà renvoyé ([1]), du déplacement du pôle d'inertie provoqué par la formation des quatre chaînes simultanées. On voit que les actions se compensent très sensiblement deux à deux, malgré les légères différences de latitude des centres de gravité des masses déplacées, d'une part dans les deux chaînes méditerranéennes, de l'autre dans les deux chaînes méridiennes. Le déplacement résultant est donc très petit ([2]), se comptant pour la période correspondante plutôt par secondes que par minutes; il est, en tout cas, bien inférieur au degré actuel de précision des déterminations géologiques.

» Pour obtenir maintenant la position du pôle à chaque moment des périodes géologiques, il convient de considérer successivement les deux déplacements relatifs du pôle par rapport au tétraèdre; le premier, dû aux charriages, est un déplacement relatif par rapport au sommet; le second, dû à l'attraction solaire, est un déplacement par rapport aux arêtes. Le premier permet, à l'aide de deux rotations de 180°, l'une autour du point T_a, l'autre autour du milieu de l'axe T_aP (voir la carte, *fig.* 1), de construire une courbe auxiliaire, que j'ai marquée sur la figure avec des croix séparées par des points. Il faudra ensuite déduire chaque point du point correspondant P_c de cette courbe auxiliaire par une rotation convenable autour du pôle T_c. Il faut opérer de proche en proche; si, entre deux positions successives, il y a l'intervalle d'une chaîne de montagnes, la rotation devra être de 120°; si l'intervalle est moindre, la rotation devra être diminuée proportionnellement. On obtient ainsi une spirale (non tracée sur la carte) qui s'enroule autour du pôle actuel en s'en éloignant progressivement, et qui irait passer au point P_{c_1} de la courbe auxiliaire.

» La spirale donne la position du pôle à une époque quelconque; autant que j'ai pu voir, ces déterminations s'accordent bien avec le peu qu'on sait sur la distribution des anciens climats. A chaque moment, la position correspondante du point T donne, par sa distance au pôle actuel, l'ouverture du cercle polaire.

([1]) Tisserand, *Mécanique céleste*, t. II, p. 487.

([2]) M. Wallerant m'a fait remarquer que le moment des couples de rotation est facile à calculer, et égal à 2FR, F étant la force d'entraînement correspondant à un des quatre charriages (supposés égaux) et R le rayon de la Terre. L'axe de rotation, si le tétraèdre était régulier, serait dans le plan de l'arête moscovite, à 35°16′ au-dessous de la base méditerranéenne; cet axe serait donc (pour l'époque actuelle) à peu près dans le plan de l'équateur.

» Revenons à l'examen de la courbe des points T; elle décrit autour de l'arête (bord du Pacifique) une série de demi-ellipses, dont chacune correspond à la formation d'une chaîne. Le demi-axe de chaque ellipse va en augmentant à mesure qu'on s'éloigne de l'époque actuelle.

» Or, on trouve que les longueurs de ces axes sont égales aux nombres 1, 3, 5 et 7; la longueur totale est donc, à une constante près, proportionnelle au carré du temps, compté en nombre n de chaînes à partir de l'époque actuelle. Mais j'ai montré que la grandeur du déplacement pour chaque chaîne était déterminée par la quantité de mouvement correspondant au déplacement de la matière sédimentaire qui doit former la chaîne; elle est donc inversement proportionnelle à l'épaisseur de l'écorce mobile, laquelle, d'un autre côté, comme je l'ai dit, est proportionnelle au temps ([1]). On peut donc écrire

$$(1) \qquad e = \frac{K}{n^2 - A} = mt.$$

» Les constantes peuvent se déterminer en faisant des hypothèses sur la première chaîne (position initiale du sommet au pôle Nord, et entraînement d'une écorce d'épaisseur minima). Sans entrer dans le détail, et en ne tenant pas compte de la réserve faite dans la note, au bas de la page, je trouve en prenant pour unité de longueur le mètre, et pour unité de temps cent millions d'années : $m = 38$, $K = 5500$, $A = \frac{1}{100}$. On voit que la durée de formation d'une chaîne va toujours en augmentant, et qu'on peut déduire de là la durée relative à chaque chaîne.

» La formule (1) peut se mettre sous une forme plus commode, en numérotant les chaînes à partir de l'origine des temps; soient alors N le numéro d'ordre d'une chaîne, T le temps de formation de la première chaîne, t le temps total écoulé jusqu'à l'achèvement de la chaîne considérée; on aura $t = TN^2$. On voit ainsi que les durées des chaînes successives sont proportionnelles aux nombres 1, 3, 5, 7, 9, que la durée d'une chaîne d'ordre N est $2N - 1$, et que le rapport des durées de deux chaînes successives est $\frac{2N+1}{2N-1}$, c'est-à-dire qu'il tend vers l'unité, en lui restant toujours supérieur.

» On peut même peut-être arriver à faire une hypothèse plausible sur la

---

([1]) La formule approchée de Darwin (*loc. cit.*, p. 256) ne s'applique qu'au cas où l'écorce mobile n'est pas très mince, et par conséquent où le temps n'est pas très petit. Il restera donc toujours par cette méthode une inconnue indéterminée; c'est, si l'on veut, le temps de formation de la première chaîne.

position initiale du point T, et sur le nombre des chaînes qui ont précédé la période précambrienne, à l'aide des considérations suivantes : la courbe des sommets du tétraèdre serpente autour d'une arête, en se rapprochant manifestement d'un point final, assez voisin de la position actuelle. Or, l'arête du tétraèdre était primitivement un grand cercle méridien ; le point d'aboutissement devrait, semble-t-il, par raison de symétrie, coïncider avec le point de départ; *l'arête du tétraèdre devrait donc encore passer au pôle actuel,* qui devrait être voisin du point asymptote de la courbe. Il faut donc qu'une nouvelle action ait, en outre des mouvements déjà constatés, déplacé le tétraèdre dans l'espace. Cette action, Lowthian Green l'a indiquée, en calculant l'effet de l'attraction du Soleil sur les bourrelets tétraédriques; il a trouvé que le déplacement devait être précisément de 23° (1). Avec la nouvelle conception du tétraèdre, le problème resterait à peu près le même, si le tétraèdre de surface coïncidait comme position avec le tétraèdre interne. La coïncidence n'a lieu qu'avec un retard, ce qui explique le mouvement différentiel du noyau et de l'écorce, dont j'ai déjà parlé.

» On se trouve donc ainsi amené à supposer que le sommet du tétraèdre est parti du pôle Nord, et qu'il revient maintenant près de son point de départ, après avoir décrit une révolution complète. Mais, si l'on admet, comme il est naturel, la constance de la loi trouvée plus haut, on obtiendra les positions successives du sommet du tétraèdre au début de chaque chaîne, en portant sur la même arête la longueur 9 pour la chaîne précambrienne ou huronienne, et les longueurs 11, 13, etc., pour les chaînes des temps anciens, qui ne sont représentés pour nous que par les gneiss. Il est assez curieux que les deux longueurs 11 et 13 mènent auprès du sommet austral; les longueurs 15, 17 et 19 ramèneraient à peu près au pôle boréal. Mais si l'on tient compte du refroidissement de la Terre, il n'est pas déraisonnable de supposer que la contraction du rayon a été des $\frac{21}{100}$ (2). Il fau-

(1) Je sais, sans avoir pu encore retrouver l'indication exacte, que le calcul de Lowthian Green a été repris et déclaré correct par un astronome anglais.

(2) M. de Lapparent a montré, par un raisonnement ingénieux, fondé sur la masse spécifique des gneiss, que cette contraction ne pouvait pas être supérieure à $\frac{22,5}{100}$. Si la contraction a été réellement voisine de ce nombre, il faudrait en conclure que la différentiation des densités avec la profondeur était encore plus accusée au moment de la solidification de la première écorce, M. Munier-Chalmas pense au contraire que nous ne savons rien sur la masse spécifique de cette première écorce, et pour avoir, à

drait donc ajouter une nouvelle chaîne, et le temps de formation des gneiss correspondrait à celle de six chaînes distinctes, c'est-à-dire à trente-six fois la durée de la première chaîne.

» On peut d'ailleurs indiquer le principe d'une autre méthode pour calculer, et même pour calculer de deux manières, l'âge de la Terre. Si l'on admet que le tétraèdre devait, à l'origine, être régulier, sa figure actuelle montre combien il s'est déformé. Des constructions plus sévèrement discutées permettront de suivre sa déformation dans le cours des temps. Or cette déformation tient évidemment à l'augmentation de la vitesse de rotation, c'est-à-dire à la contraction de la Terre. L'augmentation de vitesse peut à chaque instant se décomposer en deux, l'une suivant l'axe de rotation primitif, l'autre suivant une droite perpendiculaire, située dans le plan d'une arête; la première composante aplatit le tétraèdre; la seconde rapproche les deux autres arêtes. On pourra calculer cette double déformation en fonction de la vitesse, c'est-à-dire en fonction de la diminution du rayon (1), et celle-ci, par le calcul du refroidissement, donnera le temps écoulé pour chaque variation de vitesse.

» Dans la théorie que j'ai donnée de la formation des montagnes, je n'ai tenu compte que des traits principaux et essentiels, mais je suis convaincu qu'on pourra aller plus loin dans le détail; d'autres traits (ainsi les grandes transgressions) se reproduisent périodiquement avec une fidélité trop scrupuleuse pour ne pas avoir une explication commune et pour ne pas dépendre aussi de l'attraction tétraédrique. En résumé, le tétraèdre est le grand rouage, mis en jeu par le refroidissement, qui conduit et règle tous les mouvements de la surface; la transmission des mouvements se fait seulement par les inégalités de la pesanteur qui en sont la conséquence. Tout le mécanisme est réglé avec une précision si admirable, qu'il suffit de ces petites différences pour tout mettre en marche et tout engrener. Dans la période, heureusement encore éloignée, où le trétraèdre sera arrivé à sa position d'équilibre, le rouage central sera arrêté, les mouvements s'amortiront peu à peu, les dénudations nivelleront tout, sans que rien renouvelle leur action; la vie géologique de la Terre sera terminée. »

---

son avis, le temps nécessaire à l'évolution des êtres animés, il faudrait plutôt admettre que le sommet du tétraèdre a fait au moins une double révolution.

(1) Il faut encore, il est vrai, connaître la vitesse initiale. Mais, s'il n'y a pas eu d'impulsion de force extérieure, comme je n'hésite plus à l'admettre, la vitesse angulaire initiale était nécessairement égale à la vitesse angulaire de rotation autour du Soleil.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur la culture des lupins bleus* (Lupinus angustifolius). Note de MM. **P.-P. Dehérain** et **E. Demoussy.**

« Nos études sur le lupin bleu ont été poursuivies parallèlement à celles dont nous avons eu l'honneur d'entretenir récemment l'Académie et qui portaient sur le lupin blanc ([1]).

» La culture des lupins bleus est encore plus incertaine que celle des lupins à fleurs blanches. Leur réussite est rare ailleurs que dans les terres siliceuses; ils ont la réputation d'être calcifuges, et il était d'autant plus intéressant de mettre ces plantes en expérience qu'elles ont été l'objet d'observations récentes dues surtout à M. Stoklasa, de Prague ([2]).

» Les premières cultures de lupins bleus, disposées en 1897 dans du sable siliceux pur ou mélangé à des doses croissantes de calcaire terreux, ont complètement échoué, bien que ces sols artificiels eussent reçu de bonnes doses d'engrais minéraux. L'épandage successif de délayure d'une terre portant de la luzerne, ou de *nitragine* venue directement d'Allemagne, n'a pas fait apparaître de nodosités sur les racines, et il semble qu'on puisse déduire de cet échec que le lupin bleu est complètement incapable d'assimiler directement et sans secours étranger l'azote atmosphérique.

» En 1898, les cultures furent disposées d'abord en pleine terre, dans une ancienne terre maraîchère où le calcaire ne fait pas défaut; la plupart des graines semées avortèrent; cependant en un point quatre ou cinq pieds crurent régulièrement, fleurirent et produisirent des gousses; à l'arrachage on ne trouva pas de nodosités sur les racines. On observa des faits analogues dans une plate-bande de sable; là encore la plupart des plantes disparurent, mais un petit lot se maintint, fleurit et porta des fruits, sans que les racines se couvrissent de nodosités. Il n'en apparut pas davantage chez des lupins cultivés en pots de sable additionné d'engrais minéraux et de matières humiques, bien que ces lupins eussent été inoculés des bactéries de la luzerne par la méthode de M. Bréal.

» On obtint cependant des plantes vigoureuses dans deux vases qui n'avaient reçu que des engrais minéraux sans matière humique, mais qui

([1]) Ce Volume, p. 20. — Le détail des observations se trouve dans le cahier de février 1900 des *Annales agronomiques*, t. XXVI, p. 57.

([2]) *Annales agronomiques*, t. XXII, p. 185.

ne portèrent qu'un seul pied, la seconde graine semée dans chacun d'eux ayant avorté. Dans l'un de ces vases on recueillit un pied pesant après dessiccation $3^{gr},2$, dans l'autre une plante très vigoureuse pesant sèche 8^{gr}; cette dernière renfermait 93^{mgr} d'azote, c'est-à-dire dix fois plus qu'il n'y en a dans une graine ($8^{mgr},7$). Ni l'un, ni l'autre de ces lupins ne présentait de nodosités sur les racines. Les tubercules radicaux n'apparurent que sur une des plantes qui n'avaient pas été inoculées; elle ne se trouva pas au reste beaucoup plus forte que ses voisines qui n'en portaient pas.

» Comment ces plantes vigoureuses, privées de nodosités sur les racines, avaient-elles pu emprunter de l'azote à l'atmosphère, c'était là ce qu'il importait de savoir.

» A un premier examen, les pots de sable ne paraissaient pas porter de végétations cryptogamiques; cependant, en grattant la surface, on découvrit à une faible profondeur des algues vertes nombreuses (¹); or nous savons, par les travaux de MM. Schlœsing fils et Laurent, Beyerinck, Stoklasa, et par ceux récents de M. Bouilhac, que les algues, associées à certaines bactéries, fixent l'azote aérien. Si c'était là l'origine de l'azote de nos lupins, nous devions trouver à la partie supérieure du sable, là où apparaissait la végétation cryptogamique, plus d'azote qu'à la partie inférieure des vases où les algues n'existaient pas. En effet, dans 100^{gr} de sable sec pris à la partie supérieure d'un vase, on dosa 80^{mgr} d'azote, tandis qu'on n'en constatait que 4^{mgr} dans le bas.

» Il devenait donc probable que c'était le travail des bactéries détruisant la matière carbonée produite par les algues qui fixait l'azote atmosphérique, en formait une matière organique utilisée ensuite par les lupins, et cette conclusion pouvait être admise d'autant plus facilement qu'elle s'appuyait sur les découvertes de M. Berthelot dont nous constations tout simplement un cas particulier.

» Toutefois, il était intéressant de voir si pendant une nouvelle saison, cet apport, par le vent, de bactéries et d'algues susceptibles d'association, se retrouverait. Il ne se reproduisit pas pendant toute une première série

---

(¹) Ces algues sont mobiles et leur localisation à la partie supérieure du sable varie suivant l'éclairement; pendant les périodes de beau temps nous les trouvions à environ un demi-centimètre de profondeur, la surface du sable était alors parfaitement blanche; au contraire, lorsque le ciel était couvert plusieurs jours de suite, les algues réapparaissaient à la surface, pourvu que le sable fût assez humide pour permettre le cheminement. Ces végétaux recherchent donc la lumière, mais fuient un éclairage trop intense.

de cultures en 1899; on ne récolta, dans du sable couvert cependant d'algues variées, que des plantes chétives.

» Le sable lui-même, en ne considérant que la partie supérieure, ne renfermait que de 15^{mgr} à 20^{mgr} d'azote pour 100^{gr}. Cependant, pendant une seconde série de cultures établies au cours de l'été, on obtint, sur un vase additionné d'engrais minéraux et d'humate de potasse, quatre plantes pesant, en moyenne, après dessiccation, 2^{gr},4, et renfermant 2,03 d'azote pour 100 de matière sèche; c'est donc 48^{mgr} d'azote par pied, ou six fois plus que n'en renferme une graine. Ces plantes ne portaient pas de nodosités aux racines.

» M. Bornet, de l'Académie des Sciences, eut la bonté d'examiner les algues qui garnissaient le sable; il y reconnut, à peu près en nombre égal, le *Phormium automnale* et l'*Ulothrix flaccida*.

» Les observations de 1898 se trouvèrent donc confirmées, et il faut admettre que les lupins bleus savent utiliser à leur profit l'azote engagé en combinaison par l'association des algues et des bactéries, manière de voir proposée déjà par M. Stoklasa, dans le Mémoire auquel nous avons fait allusion. L'utilisation de cette matière azotée organique semble se faire directement, car les nitrates n'ont jamais pu être décelés dans ces sables.

» D'autre part, nous avons observé en 1899 des lupins qui portaient cependant des nodosités sur leurs racines; un certain nombre étaient misérables, tandis que d'autres profitaient largement du travail des bactéries qu'elles renfermaient; mais nous n'avons pas pu reconnaître de différences bien marquées dans l'aspect de ces nodosités, dont les hôtes étaient tantôt des parasites et tantôt, au contraire, des associés.

» Nous apprîmes, au cours de cette année 1899, que les lupins bleus prospéraient au jardin de la station de Chimie végétale de Meudon, et M. Berthelot voulut bien nous envoyer quelques pieds vigoureux, dont les racines portaient des nodosités, et il nous donna, en outre, un lot de la terre où ces plantes avaient cru.

» L'examen de cette terre nous dévoila un fait bien inattendu : elle présentait une réaction nettement alcaline; en la soumettant à un lavage méthodique, de 100^{gr} de terre, on réussit à extraire 160^{mgr} de carbonate de potasse. Or, le lupin bleu est généralement considéré comme une plante de terrains acides et les bactéries productrices de nodosités sur ses racines comme n'habitant que des terres de cette nature.

» Il importait de reconnaître si cette idée était inexacte comme semblaient le montrer les plantes venant de Meudon. On disposa donc non

seulement des cultures dans cette terre de Meudon, mais, en outre dans des vases remplis de terre de bruyère à réaction nettement acide, dans cette même terre additionnée d'engrais minéraux, et enfin encore dans de la terre de bruyère rendue alcaline par une addition suffisante de carbonate de potasse.

» Les lupins semés un peu tardivement dans la terre de Meudon portèrent des nodosités sur leurs racines, il en fut de même de ceux qui vécurent dans la terre de bruyère acide; elles étaient semblables à celles apparues spontanément sur quelques-unes des plantes semées dans le sable. Les lupins de la terre de bruyère n'ont acquis au reste qu'un médiocre développement, ils pesaient $1^{gr},475$ par pied, à l'état sec; on y a dosé 2,35 d'azote pour 100 de matière sèche.

» En ajoutant des engrais minéraux à la terre de bruyère, on a recueilli des plantes plus fortes, pesant après dessiccation $1^{gr},940$ par pied dans un des vases, et $2^{gr},380$ dans l'autre; les tubercules radicaux étaient nombreux.

» Enfin, en additionnant la terre de bruyère à la fois d'engrais minéraux et d'une quantité de carbonate de potasse telle que la réaction alcaline fût très sensible, on a obtenu des plantes pesant sèches $2^{gr},060$ dans un vase et $2^{gr},066$ dans l'autre; ces plantes, couvertes de nodosités sur leurs racines, renfermaient 2,8 d'azote pour 100 de matière sèche, ce qui correspond à 61^{mgr} par pied. Il en faut donc conclure que les bactéries des nodosités se fixent sur les lupins bleus aussi bien dans un sol alcalin que dans un sol acide.

» En résumé, on peut déduire des nombreux essais de culture réalisés pendant ces trois dernières années :

» 1° Que les lupins bleus sont incapables d'utiliser l'azote atmosphérique par leurs propres forces et sans aucun secours étranger.

» 2° Qu'ils peuvent acquérir un développement normal sans porter de nodosités sur leurs racines, mais que dans ce cas ils semblent profiter du travail exécuté par les bactéries vivant sur certaines algues; si cette association efficace a été fréquente en 1898, elle l'a été beaucoup moins en 1899, et l'on a rencontré très souvent sur les pots de sable des algues qui n'ont paru donner aucun secours aux lupins qui y végétaient.

» 3° Que les racines des lupins bleus portent parfois des nodosités renfermant des bactéries qui ne travaillent pas au profit de la légumineuse et qui paraissent vivre dans ces nodosités bien plus en parasites qu'en associées.

» 4° Mais qu'en outre les racines des lupins portent aussi des tubercules peuplés de bactéries qui travaillent pour la légumineuse; nous avons constaté l'efficacité de celles qui existent dans la terre de la station de Chimie végétale de Meudon qui présente une réaction nettement alcaline.

» 5° Il semble que les germes de ces bactéries soient rares dans les terres arables, de là les échecs fréquents des cultures de lupins bleus; ils sont au contraire répandus dans les terres de bruyère, et les nodosités apparaissent sur les racines des lupins semés dans ces terres, qu'elles aient conservé leur réaction acide ou qu'artificiellement elles aient été rendues alcalines.

» Si l'échec habituel des cultures de lupins bleus sur les terres arables ordinaires est dû à l'absence de bactéries efficaces, on peut sans doute rendre ces terres aptes à cette culture en y introduisant ces bactéries; c'est là ce que nous comptons essayer pendant la prochaine saison. »

ASTRONOMIE. — *Sur la nouvelle comète Giacobini.* Note de M. **Perrotin**, transmise par M. Lœwy.

« La comète que M. Giacobini a découverte à l'observatoire de Nice, avec l'équatorial coudé, a été plusieurs fois observée par M. Javelle, notamment les 31 janvier, 7 et 14 février.

» Les positions de ces trois dates ont conduit l'auteur de la découverte aux éléments et à l'éphéméride ci-après :

Éléments.

$$T = 1900 \text{ avril } 28,6904$$

$$\left.\begin{aligned} \Omega &= 40^\circ.18'.22'' \\ i &= 146.30.14 \\ \omega &= 23.59.51 \end{aligned}\right\} 1900,0$$

$$\log q = 0,125794$$

» Représentation du lieu moyen :

$$O - C, \quad \cos\delta\Delta\alpha = -2'',8, \qquad \Delta\delta = +1'',3.$$

Coordonnées héliocentriques équatoriales.

$$\begin{aligned} x &= (0,096190)\sin(v + 78^\circ.43'.23'')\,\text{séc}^2\tfrac{1}{2}v, \\ y &= (0,125156)\sin(v + 167.32.\ 3)\,\text{séc}^2\tfrac{1}{2}v, \\ z &= (\bar{1},683407)\sin(v + 69.28.29)\,\text{séc}^2\tfrac{1}{2}v. \end{aligned}$$

Éphéméride.

Temps moyen de Paris.		α.	δ.	log Δ.
		h m s	° ′ ″	
1900. Février.	28,5....	2.7.40	+2.19.33	0,304
Mars.	2,5....	2.5.38	+2.55.54	0,310
»	4,5....	2.3.42	+3.31.32	0,315
»	6,5....	2.1.54	+4. 6.26	0,320
Mars.	8,5....	2.0.14	+4.40.36	0,325

» Le 31 janvier, la comète avait l'aspect d'une nébulosité irrégulière faiblement allongée dans le sens opposé au Soleil et mesurant, pour le moins, une minute et demie de diamètre.

» Le noyau, de treizième grandeur, allongé comme la chevelure, semblait, par instants, coupé en deux par une ligne de même direction.

» Les éléments ci-dessus qui, à certains égards, présentent un air de famille avec ceux de la comète Swift de l'an dernier, montrent que l'astre nouveau sera visible dans nos lunettes plusieurs mois après son passage au périhélie; à la fin de juillet, il sera encore observable dans de bonnes conditions. Si l'on songe que la comète a été vue trois mois avant son passage à la plus courte distance du Soleil, on doit espérer que l'orbite sera déterminée par des mesures répondant à un arc héliocentrique d'une exceptionnelle étendue (140° environ).

» *Remarque*. — M. Kreutz, le distingué directeur du *Centralstelle* et des *Astronomische Nachrichten*, a bien voulu nous informer qu'il n'avait encore reçu aucune observation de la comète à la date du 13 courant.

» La cause de cette anomalie fort rare doit être attribuée bien moins à la faiblesse de l'astre qu'au mauvais temps qui a été général dans nos contrées, ainsi qu'on peut s'en convaincre par les renseignements publiés dans le *Bulletin météorologique international de Paris*.

» La nouvelle comète a donc été suivie seulement dans notre observatoire jusqu'à ce jour, et cette circonstance vient très à propos mettre en relief l'heureuse inspiration qui guida son fondateur, lorsque, il y a une vingtaine d'années, il décida d'ériger cet établissement scientifique sous le beau ciel de Nice.

» Ce fait constitue à lui seul un double hommage auquel les astronomes, ceux du mont Gros particulièrement, ne peuvent que s'associer. »

NOMINATIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à la nomination d'un Associé étranger, en remplacement de feu M. *Weierstrass*.

Au premier tour de scrutin, le nombre des votants étant 40,

M. Stokes	obtient	36 suffrages
M. Agassiz	»	1 »
M. Hooker	»	1 »

Il y a deux bulletins nuls.

M. **Stokes**, ayant obtenu la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu. Sa nomination sera soumise à l'approbation du Président de la République.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à la nomination d'un Correspondant pour la Section de Minéralogie.

Au premier tour de scrutin, le nombre des votants étant 31,

M. Zittel	obtient	30 suffrages
M. Lapworth	»	1 »

M. **Zittel**, ayant obtenu la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à la nomination d'un Correspondant pour la Section de Botanique, en remplacement de feu M. *Cohn*.

Au premier tour de scrutin, le nombre des votants étant 29,

M. Pfeffer obtient. . . . . 29 suffrages.

M. **Pfeffer**, ayant obtenu l'unanimité des suffrages, est proclamé élu.

MÉMOIRES PRÉSENTÉS.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les machines à calculer.* Mémoire de M. L. TORRES, présenté par M. Appell. (Extrait par l'auteur).

(Commissaires : MM. Marcel Deprez, Poincaré, Appell.)

» J'ai l'honneur de présenter à l'Académie un Mémoire sur les machines à calculer, qui a déjà été l'objet d'une Communication de ma part ([1]). J'y expose la manière de construire une formule algébrique, en construisant séparément toutes les opérations indiquées dans la formule, chacune dans un appareil différent, et en reliant mécaniquement tous ces appareils entre eux, dans la disposition que la formule même indique. Chaque opération, dans les calculs usuels, a pour objet, soit d'obtenir une valeur en fonction d'une autre (fonctions logarithimiques, exponentielles, circulaires, elliptiques, etc.), soit d'obtenir une valeur en fonction de deux autres, au moyen d'une des quatre opérations de l'Arithmétique. Dans chaque appareil élémentaire, chacune des quantités qui interviennent dans l'opération construite sera representée par le déplacement d'un mobile, et le déplacement obtenu comme résultat de l'opération effectuée par un appareil se retrouvera, représentant la quantité connue, ou une des quantités connues, dans l'appareil suivant. Il est bien entendu que la priorité d'une opération par rapport à l'autre est purement logique, car, dans la machine, toutes les opérations s'exécuteront en même temps.

» Il est démontré dans mon Mémoire qu'en suivant cette méthode, *il est possible, en pure théorie, de construire un système quelconque de liaisons défini analytiquement.* On arrivera, sans doute, généralement, à des solutions irréalisables, mais, cependant, il est des cas très importants, notamment la construction des équations algébriques, dans lesquels on peut obtenir des résultats pratiques intéressants. Pour le démontrer dans un exemple, j'indique à la fin de mon Travail la composition d'une machine que j'ai projetée pour construire l'équation :

$$\alpha = \frac{A_1 x^{n_1} + A_2 x^{n_2} + A_3 x^{n_3} + A_4 x^{n_4} + A_5 x^{n_5}}{A_6 x^{n_6} + A_7 x^{n_7} + A_8 x^{n_8}} \qquad (1)$$

dont je donne ici la description sommaire.

([1]) *Comptes rendus*, t. CXXI, p. 245; juillet 1895.

» A chacune des variables x, α, A_1, A_2, ..., A_8 de cette équation correspond, dans la machine, un disque qui peut tourner autour de son centre; le déplacement du disque, c'est-à-dire l'angle dont il a tourné à partir d'une certaine position prise arbitrairement comme origine, est égal au logarithme de la variable représentée; mais on emploie des échelles logarithmiques, de façon à lire la valeur de la variable elle-même.

» On peut faire marcher arbitrairement en même temps tous les disques x, A_1, A_2, ..., A_8, ou quelques-uns d'entre eux seulement, en maintenant les autres immobiles dans des positions déterminées; le disque α, entraîné par les liaisons mécaniques, marchera en même temps de façon que les valeurs simultanées de toutes les variables, lues sur les disques, satisfassent constamment l'équation (1).

» A chaque système de valeurs particulières des exposants, correspondra évidemment un système différent de liaisons mécaniques, mais j'ai indiqué dans mon projet les moyens de construire très facilement un quelconque de ces systèmes; donc, en somme, avec la machine projetée, on pourra toujours construire l'équation (1), quelles que soient les valeurs particulières des exposants.

» On pourra laisser aux variables représentées dans la machine la liberté de varier entre des limites aussi étendues qu'on voudra; au point de vue pratique elles peuvent vraiment augmenter ou diminuer sans limite aucune, mais elles doivent nécessairement être toujours positives, à cause de leur représentation logarithmique.

» Pour supprimer quelques termes dans la formule construite il suffira de faire leurs coefficients suffisamment petits pour que ces termes deviennent négligeables par rapport aux autres. Cette machine permettrait donc de construire plusieurs des formules qu'on trouve souvent dans les applications techniques.

» En outre, la même machine donne le moyen de calculer les racines réelles d'une équation algébrique n'ayant pas plus de cinq termes d'un signe et trois [1] de signe contraire. Pour y arriver, on forme le second membre de l'équation (1) en mettant tous les termes d'un signe au numérateur et tous les termes de signe contraire au dénominateur; on construit l'équation ainsi obtenue; on représente les valeurs de tous les coefficients, au moyen des disques correspondants, qu'on fixe dans la position voulue;

---

[1] Il va sans dire que ces nombres s'appliquent seulement à la machine projetée; en général, il n'y a aucune limitation.

on fait marcher le disque x et l'on observe le mouvement du disque α. Chaque fois qu'on lira sur ce dernier la valeur 1, on lira sur le disque x une valeur racine. Pour obtenir les racines négatives, on formera la transformée en -1 de l'équation donnée et l'on calculera les racines positives ainsi obtenues.

» Je tiens à la disposition de l'Académie le projet détaillé de ma machine et plusieurs modèles que j'ai construits pour essayer quelques mécanismes nouveaux. Ma machine ne contiendrait que des mécanismes courants ou des mécanismes déjà essayés par moi; il est donc à croire qu'on obtiendrait les résultats que je viens d'annoncer.

» Parmi les modèles que je présente, il y en a un qui sert à calculer les racines réelles des équations trinomes. Il permet d'obtenir ces racines très rapidement et avec une assez grande exactitude pour pouvoir être utilement appliqué. »

M. **Moïse Lion** adresse un Mémoire portant pour titre : « Recherches sur l'Électricité ».

(Renvoi à la Section de Physique.)

M. **J. Moelans** adresse la description et les dessins d'un « ballon-parachute ».

(Renvoi à la Commission des aérostats.)

CORRESPONDANCE.

M. le **Ministre de l'Instruction publique** transmet à l'Académie les renseignements suivants, adressés à M. le Ministre des Affaires étrangères par le Consul de France en Finlande, *sur le météore tombé le 12 mars dernier à Bjurböle près Borgä :*

« Le météore, dont la route peut être suivie au-dessus de toute la Suède centrale et a été calculée par le professeur d'Astronomie à l'Université de Helsingfors, A. Donner, perça en tombant une couche de glace de $0^{m},70$ d'épaisseur, projetant tout autour du trou une grande quantité d'eau et de glace, et s'enfonça jusqu'à une profondeur de 6^{m} dans l'argile sous-jacente baignée d'eau. Lors de l'extraction, qui en raison de la nature du terrain présenta quelques difficultés, on constata que le météore avait éclaté en plusieurs centaines de fragments, dont une partie se trouvait dans l'argile à quelques mètres au-dessus de la masse principale. Le plus grand fragment pesait 83^{kg} lors de

l'extraction, et le suivant 22^{kg}; le poids total des fragments recueillis était, lors de l'extraction, alors qu'ils étaient encore un peu humides, d'environ 340^{kg}. Une grande partie d'entre eux sont pourvus d'une croûte noire.

» La météorite est une chondrite, dans la composition de laquelle prédominent l'enstatite et le péridot, avec quelques rares grains de sulfure de fer et d'autres minerais. Vue au microscope, elle montre une structure nettement agglomérée et contient aussi des veines de sulfure de fer. Les chondres, dont la grandeur varie entre $0^{mm},5$ et 8^{mm}, sont composés principalement d'enstatite disposée en tiges grossières ou en fils très fins.

» La description pétrologique de la météorite a été confiée au professeur W. Ramsay et sera insérée dans le *Bulletin de la Commission géologique de Finlande*.

» On a l'intention d'exposer la météorite à l'Exposition universelle de 1900 à Paris. »

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance, trois volumes de l' « Annuaire du Muséum de Géologie et de Paléontologie de Bucarest », publié par les soins de M. *G. Stéphanesco*, pour les années 1894, 1895 et 1896. (Présenté par M. Albert Gaudry.)

Les articles de cette publication sont imprimés à la fois en langue roumaine et en français.

GÉOMÉTRIE. — *Détermination des surfaces ayant un système de lignes de courbure égales.* Note de M. **R. Bricard**, présentée par M. Darboux.

« Dans ce qui suit, je dirai qu'une courbe est C_l si ses tangentes appartiennent à un complexe linéaire. Une pareille courbe peut recevoir un déplacement infiniment petit, tel qu'elle reste normale aux trajectoires de tous ses points, et ces trajectoires sont perpendiculaires aux plans osculateurs correspondants de la courbe.

» Si une courbe gauche C_l reçoit un déplacement *continu et fini*, tel qu'elle reste constamment normale à la trajectoire de ses points, l'axe du déplacement hélicoïdal élémentaire est à chaque instant l'axe du complexe linéaire attaché à la courbe : il est fixe par rapport à cette courbe et, par conséquent, fixe dans l'espace. Le pas de ce déplacement hélicoïdal est aussi constant. Autrement dit, la courbe engendre nécessairement un hélicoïde.

» Cela posé, soient (S) une surface ayant un système de lignes de courbures égales et Γ l'une de ces courbes; (S) peut être engendrée par le

déplacement continu de Γ. Les normales à (S) dont les pieds sont sur Γ, normales qui forment une surface développable, doivent appartenir à un complexe linéaire. Ainsi, une développée de Γ doit être C_l.

» Deux cas doivent être examinés : 1° *Une seule développée* Γ' *de* Γ *est* C_l. Alors, dans le déplacement continu de Γ, cette courbe et Γ' doivent former un système de grandeur invariable, et il résulte immédiatement de ce qui précède que (S) est un *hélicoïde*. Réciproquement, il est clair que les lignes de courbure d'un hélicoïde quelconque sont égales.

» Nous avons implicitement supposé que la courbe Γ' n'est pas plane. Dans le cas contraire, une modification facile au raisonnement précédent montre que (S) est une *surface de Monge*, engendrée par une courbe plane de grandeur invariable dont le plan roule sur une développable ([1]).

» 2° *Toutes les développées de* Γ *sont* C_l. S'il en est ainsi, on peut donner à Γ, à partir d'une position initiale, une infinité de déplacements infiniment petits correspondant aux divers complexes linéaires attachés aux développées de Γ. L'ensemble de ces déplacements constitue un déplacement à deux paramètres, et les complexes linéaires dont il s'agit forment un faisceau. Ce faisceau contient au moins un complexe singulier. Autrement dit, Γ doit avoir une développée plane, *et cette courbe elle-même est plane :* les diverses développées de Γ sont donc des hélices. Mais une hélice ne peut être C_l que si elle est tracée sur un cylindre de révolution. Il en résulte que Γ est une *développante de cercle*.

» Dans le déplacement continu de Γ sur (S), les axes de tous les déplacements hélicoïdaux élémentaires occupent, comme précédemment, une position invariable par rapport à cette courbe, et par conséquent fixe dans l'espace. Mais les pas de ces déplacements peuvent varier suivant une loi quelconque. On arrive ainsi à la définition suivante de la surface (S), dans le second cas :

» *Cette surface est engendrée par une développante de cercle qui se déplace dans l'espace, de manière que son cercle générateur décrive un cylindre de révolution, en même temps qu'elle tourne dans son plan d'après une loi continue quelconque.*

» Une telle surface est une *surface-moulure* particulière. Cette remarque permet de vérifier immédiatement sa propriété essentielle.

» (Il peut arriver, dans le second cas, que les tangentes de toutes les

---

([1]) Le raisonnement subsiste si Γ possède plusieurs développées C_l, en nombre fini, ou formant une infinité discontinue.

développées de Γ appartiennent au *même* complexe linéaire. On voit alors aisément que Γ est une hélice tracée sur un cylindre de révolution, et qui doit être animée d'un déplacement la laissant en coïncidence avec elle-même. Cette dernière hypothèse ne donne donc pas de réponse à la question posée.) »

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Sur une transformation des surfaces isothermiques*. Note de M. C. **Guichard**, présentée par M. Darboux.

« Pour développer analytiquement la transformation des surfaces isothermiques, indiquée dans ma Note du 22 janvier, on est conduit à former deux espèces d'équations de Riccati : la première, sur laquelle je n'insiste pas, est celle qui permet de trouver les surfaces normales à un système de cercles de Ribaucour; la deuxième est celle qui permet de trouver, sur les tangentes isotropes de la surface désignée par (N), les points qui décrivent des surfaces isothermiques. Je vais former ces équations.

» Soient $N(x_1, \ldots, x_n)$ un point de l'espace à n dimensions qui décrit un réseau, NS et NT les tangentes du réseau; $\xi_1, \xi_2, \ldots, \xi_n$ les paramètres directeurs de NS; $\eta_1, \eta_2, \ldots, \eta_n$ ceux de NT. Déterminons les facteurs de proportionnalité qui entrent dans les quantités ξ et η de telle sorte que l'on ait

$$(1)\qquad \frac{\partial \xi_k}{\partial v} = n\eta_k, \qquad \frac{\partial \eta_k}{\partial u} = m\xi_k,$$

et, par suite

$$(2)\qquad \frac{\partial^2 \xi_k}{\partial u\,\partial v} = \frac{\partial n}{\partial v}\eta_k + mn\xi_k, \qquad \frac{\partial^2 \eta_k}{\partial u\,\partial v} = \frac{\partial m}{\partial v}\xi_k + mn\eta_k.$$

» On devra avoir

$$(3)\qquad \frac{\partial x_k}{\partial u} = h\xi_k, \qquad \frac{\partial x_k}{\partial v} = l\eta_k,$$

avec les conditions

$$(4)\qquad \frac{\partial h}{\partial v} = lm, \qquad \frac{\partial l}{\partial u} = hn.$$

» Par le point N, menons une droite L ayant pour paramètres directeurs $\xi_k + i\eta_k$; les coordonnées $y_1, y_2, \ldots y_n$ d'un point P de cette droite sont

$$(5)\qquad y_k = x_k + \rho(\xi_k + i\eta_k).$$

» Différentions cette formule, et supprimons, pour simplifier l'écriture, l'indice k. On aura

$$(6) \qquad \begin{cases} \dfrac{\partial y}{\partial u} = \dfrac{\partial \xi}{\partial u}\rho + \xi\left(h + \dfrac{\partial \rho}{\partial u} + im\rho\right) + \eta\left(i\,\dfrac{\partial \rho}{\partial u}\right), \\ \dfrac{\partial y}{\partial v} = \dfrac{\partial \eta}{\partial v} i\rho + \xi\left(\dfrac{\partial \rho}{\partial u}\right) + \eta\left(l + n\rho + i\,\dfrac{\partial \rho}{\partial v}\right), \end{cases}$$

$$(7) \qquad \begin{cases} \dfrac{\partial^2 y}{\partial u\,\partial v} = \dfrac{\partial \xi}{\partial u}\dfrac{\partial \rho}{\partial v} + \dfrac{\partial \eta}{\partial v} i \dfrac{\partial \rho}{\partial u} + \xi\left(\dfrac{\partial h}{\partial v} + \dfrac{\partial^2 \rho}{\partial u\,\partial v} + i\rho\dfrac{\partial m}{\partial v} + im\dfrac{\partial \rho}{\partial v} + mn\rho\right) \\ \qquad + \eta\left(\dfrac{\partial l}{\partial u} + i\dfrac{\partial^2 \rho}{\partial u\,\partial v} + \rho\dfrac{\partial n}{\partial u} + n\dfrac{\partial \rho}{\partial u} + imn\rho\right). \end{cases}$$

» En écrivant que le point P décrit un réseau, on voit d'abord que l'équation ponctuelle du réseau est

$$(8) \qquad \frac{\partial^2 \eta}{\partial u\,\partial v} = \frac{1}{\rho}\frac{\partial \rho}{\partial v}\frac{\partial \eta}{\partial u} + \frac{1}{\rho}\frac{\partial \rho}{\partial u}\frac{\partial \eta}{\partial v}.$$

» Il faut ensuite égaler les coefficients de ξ et η dans les deux membres de (8). On trouve deux conditions qu'on peut écrire

$$(9) \qquad \begin{cases} \dfrac{\partial^2 \rho}{\partial u\,\partial v} - \dfrac{2}{\rho}\dfrac{\partial \rho}{\partial u}\dfrac{\partial \rho}{\partial v} + mn\rho = \dfrac{1}{\rho}\dfrac{\partial \rho}{\partial v}h - \dfrac{\partial h}{\partial v} - \rho i\dfrac{\partial m}{\partial v} \\ \qquad = -i\dfrac{1}{\rho}\dfrac{\partial \rho}{\partial u}l + i\dfrac{\partial l}{\partial u} + \rho i\dfrac{\partial n}{\partial u}. \end{cases}$$

» On vérifie facilement que si le réseau N est orthogonal, il en est de même du réseau P; comme l'équation du réseau P est à invariants égaux, P décrira une surface isothermique dans l'espace à n dimensions.

» En posant $\rho = \frac{1}{r}$, la condition (9) devient

$$(10) \qquad -\frac{1}{r}\frac{\partial^2 r}{\partial u\,\partial v} + mn = -h\frac{\partial r}{\partial v} - r\frac{\partial h}{\partial v} - i\frac{\partial m}{\partial v} = il\frac{\partial r}{\partial u} + ir\frac{\partial l}{\partial u} + i\frac{\partial n}{\partial u}.$$

» Pour trouver les solutions communes à ces deux équations, on peut, dans le cas qui nous occupe, déterminer trois fonctions A, B, C de u et v, telles que chaque membre de (10) soit égal à

$$Cr^2 + Br + A.$$

» On en déduit

$$(11)\quad \begin{cases} \dfrac{\partial r}{\partial u} = -\left(\dfrac{iC}{l}\right) r^2 - \dfrac{iB + \dfrac{\partial l}{\partial u}}{l} r - \dfrac{iA + \dfrac{\partial n}{\partial u}}{l}, \\ \dfrac{\partial r}{\partial v} = -\dfrac{C}{h} r^2 - \dfrac{B + \dfrac{\partial h}{\partial v}}{h} r - \dfrac{A + i\dfrac{\partial m}{\partial v}}{h}, \end{cases}$$

$$(12)\quad \frac{\partial^2 r}{\partial u\,\partial v} = -r(Cr^2 + Br + A - mn).$$

» Je différentie la première équation (11) par rapport à v, la seconde par rapport à u, et je remplace $\frac{\partial r}{\partial u}$, $\frac{\partial r}{\partial v}$ par leurs valeurs; enfin j'écris que l'on a identiquement :

$$(13)\quad \frac{\partial^2 r}{\partial u\,\partial v} = \frac{\partial^2 r}{\partial v\,\partial u} = -r(Cr^2 + Br + A - mn).$$

» En égalant les coefficients de r^2, on trouve la seule condition

$$(14)\quad C = \frac{ilh}{2}.$$

» Égalons les coefficients de r^2 et tenons compte de la valeur de C. On a

$$(15)\quad B = i\frac{\partial l}{\partial u} - \frac{\partial h}{\partial v}.$$

» Les équations obtenues en égalant les coefficients de r sont des identités. Les termes indépendants de r donnent les deux relations :

$$(16)\quad \begin{cases} -\dfrac{\partial}{\partial u}\dfrac{A + i\dfrac{\partial m}{\partial v}}{h} + in\dfrac{iA + \dfrac{\partial n}{\partial u}}{l} = 0, \\ -\dfrac{\partial}{\partial v}\dfrac{iA + \dfrac{\partial n}{\partial u}}{l} - im\dfrac{A + i\dfrac{\partial m}{\partial v}}{h} = 0, \end{cases}$$

» Si je pose

$$\frac{A + i\dfrac{\partial m}{\partial v}}{h} = \frac{i}{2} l_1, \qquad \frac{iA + \dfrac{\partial n}{\partial u}}{l} = \frac{1}{2} h_1,$$

on aura

$$(17)\quad \frac{\partial h_1}{\partial u} = l_1 m, \qquad \frac{\partial l_1}{\partial u} = h_1 n,$$

$$(18)\quad l_1 h + h_1 l = \frac{1}{2}\left(\frac{\partial m}{\partial v} + \frac{\partial n}{\partial u}\right).$$

» Les équations (17) montrent qu'au réseau N on peut faire correspondre un réseau parallèle N_1, pour lequel les quantités l et h sont remplacées par l_1 et h_1; l'équation (18) est l'équation de possibilité du problème. La droite dont les paramètres directeurs sont $\varepsilon_k - i\eta_k$ possède la même propriété que la droite L.

» Supposons maintenant que N et N_1 soient des réseaux de lignes de courbure, désignons par a et b les quantités h et l de la représentation sphérique. On sait que

$$ab = -\left(\frac{\partial m}{\partial v} + \frac{\partial n}{\partial u}\right).$$

» Les rayons de courbure de N sont $\frac{h}{a}$, $\frac{l}{b}$; ceux de N_1, $\frac{h_1}{a}$, $\frac{l_1}{b}$. La condition (18) donne la relation indiquée dans ma précédente Note.

» Les équations (11) prennent la forme

$$\frac{\partial r}{\partial u} = \frac{h}{2}r^2 + imr - \frac{1}{2}h_1,$$
$$\frac{\partial r}{\partial v} = \frac{il}{2}r^2 - inr - \frac{i}{2}l_1.$$

» Il suffit de changer i en $-i$, pour avoir celles que donnent les surfaces isothermiques sur la seconde tangente isotrope. »

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les problèmes de Neumann et de Gauss.* Note de M. **W. Stekloff**, présentée par M. Picard.

« Je crois qu'il n'est pas inutile d'indiquer quelques conséquences immédiates des recherches de ma Note : *Sur la méthode de Neumann et le problème de Dirichlet* (*voir* le numéro précédent des *Comptes rendus*).

» 1. Soit U une fonction harmonique à l'intérieur ou à l'extérieur de (S), dont les dérivées normales $\frac{\partial U_i}{\partial n}$ ou $\frac{\partial U_e}{\partial n}$ prennent les valeurs f sur (S), f étant une fonction donnée, continue sur (S).

» Nous supposons que la surface (S) satisfait aux conditions 1°, 2°, 3° et 4° de ma Note citée.

» En employant les notations de cette Note, posons

$$v_1 = \frac{\varepsilon}{4\pi}\int \frac{f}{r}\,ds, \qquad v_k = \frac{1}{2\pi}\int \overline{v_{k-1}}\,\frac{\cos\varphi}{r^2}\,ds,$$

où $\varepsilon = \pm 1$.

» Supposons que f satisfasse à la condition $\int f\,ds = 0$. Formons ensuite le potentiel de la double couche

$$\Phi = \frac{1}{2\pi}\int(\overline{\varphi_1} + \varepsilon\overline{\varphi_2} + \ldots + \varepsilon^{k-1}\overline{\varphi_k} + \ldots)\frac{\cos\varphi}{r^2}\,ds,$$

et posons

$$U = \varphi_1 + \varepsilon\Phi.$$

» On peut démontrer rigoureusement que U, pour $\varepsilon = +1$, fournit la solution du problème intérieur, pour $\varepsilon = -1$, la solution du problème extérieur de Neumann. Pour cela il faut, comme on sait, démontrer que la série

$$(\alpha) \qquad \overline{\varphi_1} + \varepsilon\overline{\varphi_2} + \ldots + \varepsilon^{k-1}\overline{\varphi_k} + \ldots,$$

converge absolument et uniformément sur (S) et que

$$\frac{\partial\Phi_i}{\partial n} = \frac{\partial\Phi_e}{\partial n},$$

quelle que soit la fonction f, continue sur (S).

» Considérons les fonctions V_k, définies dans ma Note citée [formules (1)], en y posant $-\frac{\varepsilon f}{2}$ au lieu de f, et formons ensuite les fonctions ρ_k.

» Les égalités (1), (2) et (5) (*Voir* ma Note précédente) nous donnent

$$(\beta) \qquad \overline{\varphi_k} = \overline{V_k},$$

$$(\gamma) \qquad \begin{cases} \varphi_k = -\dfrac{1}{2\pi}\displaystyle\int(\rho_{k-1} + \rho_{k-2})\frac{1}{r}\,ds, & \text{à l'intérieur de (S).} \\ \varphi_k = -\dfrac{1}{2\pi}\displaystyle\int(\rho_{k-1} - \rho_{k-2})\frac{1}{r}\,ds, & \text{à l'extérieur de (S),} \end{cases}$$

» En tenant compte de l'égalité (β), nous concluons que la série (α) converge absolument et uniformément sur (S) [en vertu de l'égalité (3) de ma Note précédente].

» La série

$$k = \sum \varepsilon^{k-1}(\rho_k + \rho_{k-1}),$$

converge absolument et uniformément sur (S), puisque $|\rho_k| < M\sigma^k$.

» Par conséquent, en vertu de (γ)

$$U_1 = \frac{1}{2\pi}\int\frac{k}{r}\,ds = -\varphi_2 - \varepsilon\varphi_3 - \ldots - \varepsilon^{k-1}\varphi_{k+1} - \ldots = -\Phi,$$

à l'intérieur de (S).

» On peut démontrer de la même manière que

$$U_2 = \frac{1}{2\pi}\int \frac{l}{r}\, ds = -\Phi,$$

à l'extérieur de (S), où

$$l = \sum_{k=1}^{\infty} \varepsilon^{k-1}(\rho_k - \rho_{k-1}).$$

» Par conséquent,

$$\frac{\partial \Phi_i}{\partial n} - \frac{\partial \Phi_e}{\partial n} = \frac{\partial U_{1i}}{\partial n} - \frac{\partial U_{2e}}{\partial n} = 0,$$

C. Q. F. D.

» Il est presque évident que la restriction $\int f\, ds = 0$ n'a rien d'essentiel dans le cas du problème extérieur de Nenmann.

» Nous pouvons donc énoncer le problème suivant :

» *La méthode de Neumann résout le problème hydrodynamique (problème de Neumann) pour toute surface* (S), *satisfaisant aux conditions* 1°, 2°, 3° *et* 4° *de ma Note précédente, si la fonction donnée f est seulement continue sur* (S).

» 2. Soit p_0 un point quelconque de (S). Considérons les valeurs de f aux points p de (S), dont la distance à p_0 ne surpasse pas D (*voir* ma Note précédente, condition 2°). Désignons par α le rayon vecteur, par β l'angle polaire de la projection de p sur le plan tangent à (S) en p_0 et par f_0 la valeur de f en p_0. Supposons que f satisfasse à la condition de M. Liapounoff

$$(\delta) \qquad \left|\frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} f\, d\beta - f_0\right| < N\alpha^{\mu-1},$$

N et μ étant des nombres indépendants de α et de la position de p_0 sur (S).

» Dans ce cas, d'après le théorème de M. Liapounoff, le potentiel

$$W_1 = \frac{1}{2\pi}\int f \frac{\cos\varphi}{r^2}\, ds$$

a des dérivées normales sur (S), dont nous désignerons la valeur commune par L et, comme je l'ai démontré dans ma Note précédente,

$$V = \frac{1}{2}\sum (-1)^{k-1}(W_k - W_{k-1}), \qquad W_0 = 0,$$

» V étant la fonction harmonique à l'intérieur de (S) se réduisant à f sur (S), W_k étant des fonctions définies par les formules (4) de ma Note précédente.

» En remarquant que la méthode de M. Robin pour résoudre le problème fondamental de l'électrostatique (et, par conséquent, le problème de Neumann) est applicable à toute surface (S), satisfaisant aux conditions 1°, 2°, 3° et 4°, comme je l'ai démontré dans ma Note : « Sur les problèmes fondamentaux, etc. » (*Comptes rendus*, 6 mars 1899. *Voir* aussi ma Note précédente), nous tirerons de l'égalité précédente les égalités de M. Liapounoff

$$\left.\begin{aligned} V &= \frac{1}{2}W_1 - \sum_{k=1}^{\infty}(-1)^{k-1}V_k, \\ W_1 &= C - \sum_{k=1}^{\infty}V_k, \end{aligned}\right\} \text{(à l'intérieur de S)},$$

qui ont lieu, par conséquent, pour toute surface (S), *satisfaisant aux conditions* 1°, 2°, 3° et 4°. Ces égalités nous donnent immédiatement

$$V = \frac{1}{4\pi}\int(\rho + L - \rho_3 + \rho_5 - \rho_7 + \ldots + (-1)^k\rho_{2k+1} + \ldots)\frac{1}{r}ds \text{ (}^1\text{)},$$

ρ étant la densité d'une couche superficielle sans action sur un point intérieur choisie convenablement. *Le problème de Gauss est donc résolu pour toute surface* (S), *satisfaisant aux conditions tout à l'heure mentionnées, si la fonction f, continue sur* (S), *satisfait à la condition* (δ). »

ANALYSE. — *Sur les fonctions à quatre paires de périodes.* Note de M. G. **Humbert**, présentée par M. Poincaré.

« Les fonctions abéliennes auxquelles conduit le problème d'inversion de Jacobi, pour une courbe de genre deux, sont des fonctions uniformes de deux variables u et v, ayant pour paires de périodes (1, 0), (0, 1), (g, h), (h, g'); de plus, si g_1, h_1, g'_1 désignent les parties imaginaires de g, h, g', la quantité $h_1^2 - g_1 g'_1$ est essentiellement négative.

» Existe-t-il des fonctions uniformes, $F(u, v)$ ayant pour paires de périodes (1, 0), (0, 1), (g, h), (h', g'), h' étant différent de h et, en second lieu, si $h' = h$, est-il nécessaire, pour l'existence des fonctions $F(u, v)$, que $h_1^2 - g_1 g'_1$ soit négatif?

(1) Voir : Liapounoff, *Sur certaines questions*, etc. (*Journ. de Mathém.*, 1898, n° 3, p. 294, 290, 292, 305.)

» I. Si h' est différent de h, il résulte d'un théorème célèbre de MM. Poincaré et Picard qu'on pourra, par une transformation convenable, ramener le Tableau des périodes à $(1, 0)$, $(0, 1)$, (G, H), (H', G') où, cette fois, $H' = H$, et, par suite, exprimer $F(u, v)$ par un quotient de fonctions thêta. Mais la transformation employée n'est pas généralement du premier ordre, c'est-à-dire que les périodes du second Tableau n'entraînent pas celles du premier; l'existence et la forme précise de fonctions $F(u, v)$ admettant les périodes du premier Tableau ne découlent donc pas immédiatement du théorème qui vient d'être rappelé.

» M. Appell, qui a établi la proposition de MM. Poincaré et Picard dans le cas des fonctions de deux variables, a montré que les quantités g, h, h', g' sont liées par une relation de la forme

$$(1) \qquad Ag + Bh + B'h' + Cg' + D(hh' - gg') + E = 0,$$

où A, B, ..., E sont des entiers qu'on peut toujours supposer sans diviseur commun.

» Posons

$$(2) \qquad U = \lambda u + \mu v; \qquad V = \lambda' u + \mu' v;$$

en désignant par $\lambda, \ldots, \mu'$ des constantes; soient $(1, 0)$, $(0, 1)$, (G, H), (H', G') un système de périodes primitives pour U et V; nous dirons que la transformation (2) est du premier ordre si elle fait correspondre à un système de valeurs (u, v), défini aux périodes $(1, 0)$, $(0, 1)$, (g, h), (h', g') près, un et un seul système (U, V) défini aux périodes $(1, 0)$, $(0, 1)$, (G, H), (H', G') près, et réciproquement.

» On reconnaît que si g, h, h', g' vérifient la relation (1), G, H, H', G' vérifient une relation de même forme, et que la valeur absolue de la quantité que nous désignerons par δ :

$$\delta = AC + DE - BB'$$

est un invariant pour toute transformation du premier ordre. On en déduit, en désignant par Δ la valeur absolue de δ, que la relation (1) peut se ramener, par une transformation *du premier ordre*, au type

$$H' = \Delta H,$$

en excluant le cas de $\delta = 0$, où les fonctions à quatre paires de périodes se réduiraient aux fonctions elliptiques.

» On établit alors que la fonction uniforme de U, V, aux périodes $(1, 0)$,

(o, 1), (G, H), (ΔH, G$'$) devient par la transformation $U = \Delta u'$, $V = v'$, une fonction $f(u', v')$, exprimable par un quotient de fonctions uniformes et entières, $\Theta(u', v')$, vérifiant les relations

$$\begin{aligned}
\Theta\left(u' + \frac{1}{\Delta}, v'\right) &= \Theta(u', v' + 1) = \Theta(u', v'),\\
\Theta\left(u' + \frac{G}{\Delta}, v' + H\right) &= \Theta(u', v')\, e^{2\pi i k \Delta u' + \alpha},\\
\Theta(u' + H, v' + G') &= \Theta(u', v')\, e^{2\pi i k \Delta v' + \beta},
\end{aligned}$$

k désignant un entier, α et β des constantes. Les $\Theta(u', v')$ sont donc des fonctions thêta, d'ordre $k\Delta$; mais ce ne sont pas les fonctions les plus générales de cet ordre, parce que $\Theta(u', v')$ reste inaltéré, quand on augmente u', non seulement de 1, mais de $\frac{1}{\Delta}$. On forme sans difficulté ces fonctions thêta particulières, qui, pour α et β donnés, sont fonctions linéaires et homogènes de $k^2\Delta$ d'entre elles : on obtient ainsi la solution complète du premier problème posé. En utilisant les conditions d'existence des fonctions thêta, on reconnaît que les fonctions $F(u, v)$, aux périodes (1, o), (o, 1), (g, h), (h', g'), liées par la relation (2), n'existent que si la quantité

$$(AC + DE - BB')(h_1 h'_1 - g_1 g'_1),$$

où g_1, g'_1, h_1, h'_1 désignent les parties imaginaires de g, g', h, h', est négative.

» Trois fonctions $F(u, v)$ sont liées par une relation algébrique qui donne une surface hyperelliptique S : cette surface possède deux intégrales de différentielles totales de première espèce (en général), mais elle diffère profondément des surfaces hyperelliptiques ordinaires. Une de ces dernières, en effet, correspond point par couple à une courbe C de genre deux, c'est-à-dire qu'à un couple de points sur C répond un seul point de la surface, et à un point de la surface un seul couple sur C : pour la surface S, une telle correspondance n'existe pas; à un couple sur C répond bien un seul point de S, mais à un point de S répondent Δ couples sur C.

» II. Pour qu'il existe des fonctions $\Phi(u, v)$, admettant les périodes (1, o), (o, 1), (g, h), (h, g'), lorsque $h_1^2 - g_1 g'_1$ est positif, il est nécessaire et suffisant que g, h, g' vérifient une relation de la forme

$$(3) \qquad Ag + Bh + Cg' + D(h^2 - gg') + E = 0,$$

où A, ..., E sont des entiers, et que la quantité $B^2 - 4AC - 4DE$ soit positive.

» Si la forme $x^2 + Bxy + (AC + DE)y^2$ peut représenter le nombre -1, pour des valeurs entières de x et y, une transformation *du premier ordre* (singulière) ramènera le tableau des périodes à un tableau analogue $(1, 0)$; $(0, 1)$; (G, H); (H, G'); où $H_1^2 - G_1 G'_1$ est négatif. Les fonctions à quatre paires de périodes correspondantes sont alors des fonctions abéliennes dérivant normalement d'une courbe de genre deux; celle-ci est seulement une courbe particulière, dont les modules sont liés par une relation algébrique.

» Si la forme ci-dessus ne peut représenter -1, aucune transformation *du premier ordre* ne ramènera le Tableau des périodes à un Tableau analogue où $H_1^2 - G_1 G'_1$ serait négatif; ce résultat ne s'obtiendra que par une transformation d'ordre supérieur à l'unité. Les fonctions à quatre paires de périodes correspondantes s'exprimeront alors par les fonctions thêta, avec les mêmes circonstances spéciales que dans le cas I, et donneront naissance à des surfaces hyperelliptiques S, ne correspondant jamais point par couple à une courbe de genre deux : à un couple sur la courbe répondra un point de S, et à un point de S répondront N couples sur la courbe, N désignant le plus petit entier positif que puisse représenter la forme précédente, changée de signe. »

MÉCANIQUE. — *Théorie des hélices propulsives.* Note de M. **Rateau**, présentée par M. Haton de la Goupillière.

« A la suite de M. Drzewiecki, on traite maintenant la théorie des hélices propulsives en décomposant la surface de chaque aile en éléments, de hauteur radiale *dr*, que l'on assimile à des plans minces en mouvement oblique dans le fluide ambiant. On parvient ainsi, suivant l'expression que l'on adopte pour la réaction normale au plan mobile, à des résultats plus ou moins d'accord avec l'expérience.

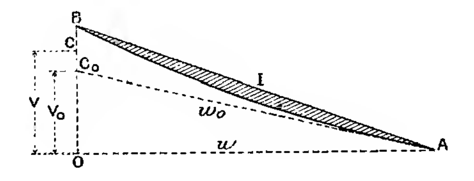
» Mais cette manière d'envisager la question ne tient pas compte de la face arrière, ou dos des ailes, qui, pourtant, ce n'est pas douteux, joue un rôle très important, aussi important sans doute que celui de la face impulsive. Cette théorie laisse aussi à peu près inexpliqués quelques faits essentiels bien connus, notamment les reculs négatifs, qui sont si fréquemment constatés, et l'avantage, bien démontré, d'une forte inclinaison des ailes vers l'arrière du bateau.

» Dans la théorie que je propose ici, j'abandonne complètement la considération du plan mince. Je m'appuie, d'une part, sur la formule générale des turbo-machines, et, d'autre part, sur deux hypothèses fondamentales qui tiennent compte du dos des ailes autant que de la face impulsive. J'arrive ainsi à des résultats qui concordent avec ceux de M. Drzewiecki, mais plus généraux à certains égards.

» Avant de donner mes hypothèses, je crois faire remarquer que, contrairement à ce que l'on pense généralement, l'eau possède, à travers l'hélice en fonctionnement normal, un mouvement centripète et non pas centrifuge. On le voit en composant entre elles la force centrifuge d'entraînement $m\omega^2 r$ et la force centrifuge composée $2m\omega w_a$ (¹) qui, dans le cas des hélices, est double de la première et dirigée exactement en sens contraire, c'est-à-dire, en réalité, centripète. Il faut bien, du reste, que l'eau ait un mouvement légèrement centripète pour que la section de la veine d'eau qui arrive à l'hélice avec la vitesse relative V_0, sensiblement égale à la vitesse V du bateau, se réduise à la valeur qui correspond à la vitesse relative axiale, plus grande que V_0, après le passage à travers l'hélice (²).

» L'inclinaison des ailes vers l'arrière favorise ce mouvement centripète; c'est là, à mon avis, sa raison d'être.

» Considérons un élément d'aile de section cylindrique AB et de hauteur radiale infiniment petite dr. Cet élément se meut avec une vitesse transversale $u = \omega r$ (représentée par OA) due à la rotation de l'hélice, et avec



une vitesse axiale V (représentée par OC) due à l'entraînement par le bateau. D'un autre côté, l'eau est légèrement entraînée par la carène. Soit $V - V_0 = CC_0$ sa vitesse absolue quand l'hélice l'atteint. La vitesse relative de l'eau par rapport à l'élément d'hélice est, à l'entrée sur cet élément, $w_0 = AC_0$.

(¹) En appelant w_a, la composante de la vitesse relative perpendiculairement à l'axe de rotation $w_a = u$ au point d'entrée.

(²) Il faut naturellement chercher à faire que le dos de l'aile soit tangent à cette vitesse relative afin d'éviter une poussée contraire à celle que l'on veut obtenir.

» Le profil AIB de la face avant de l'élément est habituellement une droite. On appelle alors *angle d'attaque* l'angle BAC_0 que fait w_0 avec AIB. Mais cet angle n'est pas celui qu'il est le plus utile d'envisager, car il ne tient aucun compte du profil du dos des ailes.

» Les hypothèses que je fais sont les suivantes :

» 1° *L'élément d'aile influence, de part et d'autre de cet élément, une lame d'eau dont l'épaisseur totale h est proportionnelle à la longueur* $l =$ AB *de l'élément* (¹). *Si les lames d'eau influencées empiètent les unes sur les autres, ce qui arrive généralement dans la région centrale de l'hélice au-dessous d'un certain rayon* r_x, *tout le cylindre d'eau de rayon* r_x *doit être considéré comme influencé.*

» 2° *Cette lame d'eau subit, dans son ensemble, pendant le passage de l'aile, une petite réduction de vitesse relative et un changement de direction tels que la vitesse relative* w_1, *à la sortie de l'élément, est égale à* $(1 - \varepsilon)w_0$, ε *étant un coefficient* (très petit puisqu'il est probablement inférieur à 0,01 dans la plupart des cas) *qui dépend de la forme et de la section de l'aile et de la rugosité des parois, mais est sensiblement indépendant de l'angle d'attaque, dans de certaines limites, et que cette vitesse* w_1 *a pour direction, non pas celle de* AB, *comme on l'admet généralement, mais une direction intermédiaire entre les tangentes à la face et au dos de l'aile au point de sortie.* L'expérience pourra faire connaître comment cette direction moyenne d'ensemble partage l'angle des deux tangentes; il est probable qu'elle est plus voisine de celle de la face que de la tangente au dos de l'aile.

» Ce qui précède revient encore à dire que les pas importants à considérer dans une hélice sont : à l'entrée, le pas du dos, et, à la sortie, une certaine moyenne entre le pas de la face et celui du dos. Si l'on base le calcul des reculs sur les pas ainsi déterminés, on trouve évidemment des reculs plus forts que ceux qui résultent du mode de calcul habituel, et *les reculs négatifs n'existent plus.*

» L'angle que la vitesse relative de l'eau, à la sortie de l'hélice, fait avec la vitesse relative à l'entrée est donc toujours plus grand que l'angle d'attaque. Je l'appellerai *angle de déviation* et le désignerai par δ. Disons de suite que, pour l'eau, sa meilleure valeur est vraisemblablement voisine de 8°.

(¹) Et le rapport $\frac{h}{l} = k$ est probablement peu éloigné de l'unité.

» J'indiquerai, dans une deuxième Communication, les conséquences principales que l'on peut déduire de ces hypothèses. »

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Sur la détermination de points de repère dans le spectre.* Note de M. **Maurice Hamy**, présentée par M. Lœwy.

« L'intéressante Communication de MM. Pérot et Fabry, parue dans le dernier numéro des *Comptes rendus*, m'engage à publier les résultats que j'ai déjà obtenus dans mes recherches sur la détermination de points de repère dans le spectre et sur les moyens que je compte employer pour les poursuivre ([1]).

» M'inspirant d'idées analogues à celles qui conduisent MM. Pérot et Fabry à rejeter les raies complexes, dont il est impossible de définir nettement la longueur d'onde moyenne ([2]), j'ai été amené à n'employer, dans mon travail, que des raies simples ou des raies qui peuvent le devenir quand on en élimine une ou plusieurs composantes, au moyen de mon séparateur d'ondes.

» Les moyens que j'emploie pour reconnaître la simplicité d'une radiation avec les appareils décrits antérieurement ([3]) sont les suivants :

» 1° Les raies complexes, dont les composantes n'empiètent pas l'une sur l'autre, fournissent, dans mes appareils, des franges qui se séparent en plusieurs systèmes, lorsque le rapport des intensités de ces composantes est supérieur à $\frac{1}{4}$ environ ([4]).

([1]) Désigné par le Bureau des Longitudes et l'Observatoire de Paris, pour aller observer en Espagne l'éclipse de Soleil du 28 mai 1900, j'ai dû, pour préparer l'expédition, interrompre ces recherches depuis le mois de juillet dernier. Elles ne pourront être reprises qu'à la fin de l'année courante.

([2]) Les raies brillantes que nous connaissons étant presque toutes composées d'un nombre plus ou moins grand de radiations simples sujettes à varier en sens opposé, en éclat et en largeur, avec les variations de pression et de température, la position moyenne du centre de ces raies est mal définie dans le spectre et il doit en être de même des raies d'absorption qui leur correspondent. L'atmosphère solaire subissant des perturbations considérables, il n'est donc pas dit que les positions des raies sombres du spectre n'en subissent pas le contrecoup. Des comparaisons précises avec des raies simples d'origine terrestre, poursuivies systématiquement pendant une période entière d'activité solaire, donneraient des indications instructives à cet égard.

([3]) *Comptes rendus*, 1er semestre 1899.

([4]) Ce phénomène et celui qui a été étudié par MM. Pérot et Fabry dans le cas des

» 2° Les raies multiples dont les composantes se superposent ne se dédoublent pas, mais ces raies fournissent des franges qui présentent des variations périodiques de netteté (phénomène de Fizeau), quand on fait croître graduellement la différence de marche (¹).

» 3° On applique la méthode des excédents fractionnaires aux raies qui n'ont pas été éliminées par les moyens qui viennent d'être indiqués. Si ces raies sont réellement simples, les rapports de leurs longueurs d'ondes à celle d'une raie simple connue, comme la raie rouge du cadmium, doivent être constants, quelle que soit la différence de marche employée, dans les limites de précision des expériences.

» De fait, cette constance est un *criterium* démontrant, d'une façon certaine, la simplicité d'une radiation.

» J'ai repris l'étude des radiations, fournies par ma lampe à cadmium (²), faite autrefois avec un appareil provisoire dont les surfaces réfléchissantes ne pouvaient pas être écartées au delà de 7^{mm} (³).

» Parmi les radiations, trois sont d'une simplicité complète. Ce sont : une raie dans le rouge, R, $\lambda 644$ (radiation employée par M. Michelson dans la mesure du mètre en longueurs d'ondes lumineuses) qui interfère encore très visiblement avec une différence de marche de plus de 28^{cm}; une raie dans le vert, V_3, $\lambda 515$ qui interfère pour des différences de marche inférieures à 24^{cm}; une raie, I, dans l'indigo $\lambda 466$, qui interfère pour des différences de marche inférieures à 22^{cm}.

» Parmi les autres radiations, il y a une raie double dans le rouge ($\lambda 633$) dont la composante principale, R_1, est facile à isoler avec mon séparateur et, dans le vert, une raie triple ($\lambda 508$), dont la composante la moins réfrangible, V, a été séparée avec le même appareil.

» Voici les rapports de longueurs d'onde de ces radiations à celle de la raie R ($\lambda_R = 0^{\mu},6438472$), déterminés par la méthode des excédents frac-

---

franges de transmission des lames argentées (*Annales de Physique et de Chimie;* 1899) suivent des lois différentes; mais je ne puis insister ici sur ce sujet.

(¹) Cependant il résulte des recherches de M. Michelson que les franges, produites par certaines raies simples, peuvent disparaître, pour une certaine différence de marche, puis reparaître pour une différence de marche supérieure. Mais leur visibilité ne dépasse pas alors $\frac{1}{10}$; elles sont donc très confuses. Dans ce cas, pour sortir d'embarras, il convient de soumettre la radiation au contrôle indiqué dans le texte à l'alinéa 3°.

(²) *Comptes rendus*, 1er semestre 1897.

(³) *Comptes rendus*, 1er semestre 1898.

tionnaires; la disposition des appareils n'a pas permis de dépasser la différence de marche de 10^{cm}.

Différence de marche.	$\frac{\lambda_R}{\lambda_{R_1}}$.	$\frac{\lambda_R}{\lambda_{V_2}}$.	$\frac{\lambda_R}{\lambda_V}$.	$\frac{\lambda_R}{\lambda_I}$.
cm 4..........	1,01791267	1,24905830	1,26594484	1,38094919
6..........	1,01791294	1,24905830	1,26594483	1,38094906
8..........	1,01791296	1,24905836	1,26594493	1,38094900
10..........	1,01791296	1,24905834	1,26594486	1,38094894
Moyennes.	1,01791288	1,24905833	1,26594487	1,38094905

» Chacun de ces nombres repose sur vingt déterminations; ils ont une très faible erreur probable. Les moyennes sont vraisemblablement exactes à une unité près de l'avant-dernière décimale.

» Les autres raies du cadmium sont plus ou moins complexes. Je citerai notamment la raie $\lambda 480$ qui est quadruple et la raie double $\lambda 468$, à composantes égales, fournissant des franges qui se séparent complètement lorsque la différence de marche est de 7^{cm} et qui sont encore visibles lorsque la différence de marche atteint 21^{cm}.

» J'ai commencé l'étude des radiations du zinc, dont plusieurs sont utilisables; mais ces recherches ne sont pas encore assez avancées pour que je puisse donner des nombres définitifs.

» L'objet que je poursuis, en déterminant des jalons dans le spectre, est d'obtenir, de distance en distance, des points bien connus auxquels on pourra comparer les positions des raies sombres voisines du spectre solaire, fournies par les Tables de Rowland. Ces comparaisons feront connaître les erreurs systématiques, pouvant exister dans ces Tables, qui constituent actuellement le fondement presque universellement adopté des recherches spectroscopiques modernes.

» Si les points de repère sont en nombre insuffisant, dans certaines régions, leur nombre pourra être augmenté en faisant usage d'un spectre cannelé ([1]). Ce spectre s'obtient aisément avec mes appareils, en recevant dans le spectroscope, employé pour les comparaisons, la lumière émise par le filament d'une lampe à incandescence, après l'avoir fait réfléchir par les surfaces du séparateur d'ondes, disposées parallèlement à une fraction de millimètre. Il suffit, dans ces conditions, de deux raies connues, dans le champ du spectroscope, pour repérer d'un coup toutes celles du spectre

---

([1]) Macé de Lépinay, *Journal de Physique*, 1885.

cannelé. On peut même se borner à l'emploi d'une seule raie de comparaison, à condition de mesurer l'écartement des surfaces réfléchissantes du séparateur, par la méthode des excédents fractionnaires. »

OPTIQUE. — *Détermination de nouveaux points de repère dans le spectre.* Note de MM. **A. Perot** et **Ch. Fabry**, présentée par M. A. Cornu.

« Un assez petit nombre de longueurs d'onde ont été jusqu'ici déterminées en valeur absolue, c'est-à-dire rapportées avec précision à l'unité fondamentale du système métrique. Nous nous sommes proposé de faire cette mesure pour un certain nombre de raies fines produites par le trembleur décrit dans une précédente Note.

» La méthode de mesure est, en principe, celle que nous avons antérieurement décrite ([1]). L'appareil interférentiel est simplement composé de deux lames de verre planes argentées, transparentes. Si on les amène au parallélisme et qu'on fasse traverser ce système par un faisceau de lumière monochromatique, on obtient, dans une lunette visant à l'infini, un système d'anneaux centré sur la normale aux surfaces argentées. Soit à comparer la longueur d'onde connue λ d'une des radiations du cadmium avec la longueur d'onde λ' d'une certaine radiation, dont on a déjà une valeur approchée. L'appareil étant éclairé par l'ensemble des deux radiations, on amène dans le champ de la lunette une *coïncidence* ou une *discordance* des systèmes d'anneaux donnés par les deux lumières. Supposons qu'il s'agisse d'une coïncidence, et soient n et n' les numéros d'ordre des anneaux qui coïncident. On a

$$n\lambda = n'\lambda' \quad (1)$$ ([2]);

or n peut être déterminé par des observations convenables (cela revient à la mesure de l'épaisseur d'air comprise entre les deux argentures). Si l'on a déjà une valeur assez approchée de λ', l'équation précédente détermine sans ambiguïté le *nombre entier* n' et ce nombre une fois connu, la même équation donne une valeur plus exacte de λ'. Répétant la même observation avec des franges d'ordre plus élevé (quadruple, par exemple) on aura une valeur encore plus approchée, et ainsi de suite.

([1]) *Annales de Chimie et de Physique,* mars 1899.

([2]) Il y a lieu de faire une très petite correction pour tenir compte des variations de phase par réflexion. (*Voir* le Mémoire cité ci-dessus.)

» La partie la plus pénible de cette mesure est la détermination du numéro d'ordre n de la frange du cadmium, nombre entier qui peut atteindre et dépasser 100000, et sur lequel il n'est pas permis de se tromper d'une unité. La mesure serait bien simplifiée si l'on avait un moyen de ramener à une distance fixe et connue les deux surfaces argentées, de manière à retrouver toujours la même frange. Les coïncidences des franges vertes et rouges du cadmium numérotent les franges vertes du cadmium de 5 en 5 à peu près; il suffit par suite de retrouver l'épaisseur connue à quelques dixièmes de micron près. Il serait difficile d'y arriver en se servant d'une échelle divisée. Nous avons utilisé dans ce but les *franges de superposition* dont nous avons donné la théorie et diverses applications (*loc. cit.*).

» Un *étalon d'épaisseur* est constitué par une plaque d'acier, percée d'un trou circulaire pour le passage de la lumière, dans laquelle sont implantées trois tiges d'acier, dont les extrémités arrondies sont soigneusement polies. Sur ces surfaces courbes sont appliquées par des ressorts les surfaces argentées, qui sont ainsi maintenues à une distance invariable.

» Par usure systématique des tiges d'acier, on arrive à amener les plans argentés à un parallélisme parfait (¹). L'expérience a montré qu'après démontage et remontage des glaces leur parallélisme se maintient et que leur écartement ne change pas. Nous avons mesuré cette distance par les méthodes précédemment décrites; à 15°,8 elle est $e = 1^{\text{cm}},0034923$.

» Pour faire une mesure de longueur d'onde, nous nous servons de cet étalon et d'un système analogue dont on peut varier l'épaisseur, qui n'est autre que le *spectroscope interférentiel* que nous avons antérieurement décrit (²). En utilisant les *franges de superposition* en lumière blanche, on peut amener l'épaisseur comprise entre les lames du *spectroscope* à une valeur égale à e ou à un multiple ou sous-multiple de e; on peut donc avoir une série d'épaisseurs exactement connues, et voisines de $2^{\text{mm}},5$, $3^{\text{mm}}\frac{1}{3}$, 5^{mm}, 1^{cm}, 2^{cm}, ... On cherchera dans le voisinage de cette épaisseur connue une coïncidence des deux systèmes d'anneaux; le numéro n de l'anneau du cadmium est facile à déterminer en comptant, à partir de l'épaisseur connue, les anneaux du cadmium, ou plutôt les coïncidences vert rouge. On achève le calcul comme on l'a expliqué plus haut.

» Il est nécessaire qu'il n'y ait aucune incertitude sur le nombre entier n'

(¹) Cette pièce a été construite par M. Jobin; nous en avons parachevé le réglage en utilisant les phénomènes d'interférence.

(²) *Annales de Chimie et de Physique*, janvier 1899.

que donne l'équation (1); il faut par suite commencer par des épaisseurs d'autant plus faibles que la valeur de λ' adoptée comme point de départ est plus incertaine. Il nous a suffi le plus souvent de commencer par $2^{mm},5$, en prenant comme point de départ les déterminations très soignées de Kayser, Runge et Rowland. D'autre part le résultat final de la mesure sera d'autant plus précis que l'épaisseur dans la dernière observation sera plus grande. Or les observations peuvent être poussées d'autant plus loin que la raie à mesurer est plus fine; c'est donc seulement la largeur des raies qui limite la précision des mesures. L'observation d'une coïncidence fixe la position d'une frange, par rapport à celle du cadmium, à $\frac{1}{25}$ de frange *au moins*. Si la dernière observation est faite sur une frange d'ordre n', l'erreur maximum sur la longueur d'onde sera, en valeur relative, $\frac{\Delta\lambda'}{\lambda'} = \frac{1}{25\,n'}$. Avec l'épaisseur 1^{cm}, n' est voisin de 40 000.

» Les longueurs d'onde sont donc déterminées au *millionième*.

» Pour l'argent, le cuivre et le zinc, nous nous sommes servis de notre trembleur à étincelles dans le vide. Pour le mercure, les radiations sont produites par un tube de Michelson ou par l'arc au mercure dans le vide. Les radiations du sodium (¹) et du lithium sont émises par la flamme d'un brûleur avec traces de sel (phosphate de soude, chlorure de lithium).

» Le Tableau suivant donne les résultats obtenus; les longueurs d'onde sont exprimées en $\mu\mu$ (10^{-9} mètre), dans l'air à 15° et 76^{cm} de pression. La colonne marquée *e* indique l'épaisseur à laquelle on s'est arrêté dans la mesure.

Métal.	Source.	λ.	*e*.
		μμ	mm
Mercure.........	arc au mercure dans le vide.	435,8343	5
Zinc............	trembleur dans le vide.	468,0138	10
Zinc............	id.	472,2164	10
Zinc............	id.	481,0535	10
Cuivre..........	id.	510,5543	5
Cuivre..........	id.	515,3251	10
Argent..........	id.	520,9081	10
Cuivre..........	id.	521,8202	10
Mercure.........	tube de Michelson.	546,07424	31
Argent..........	trembleur dans le vide.	546,5489	10
Mercure.........	tube de Michelson.	576,95984	31
Cuivre..........	trembleur dans le vide.	578,2090	10

(¹) En employant un alliage de sodium et d'argent, nous avons pu produire les raies du sodium au moyen de notre trembleur à étincelles. Des *renversements* de raies nous ont empêchés de faire la mesure de la longueur d'onde. Nous reviendrons plus tard sur ces phénomènes.

Métal.	Source.	λ.	e.
Cuivre..........	trembleur dans le vide.	μμ 578,2159	mm 10
Mercure.........	tube de Michelson.	579,0659З	31
Sodium..........	flamme.	588,9965	5
Sodium..........	flamme.	589,5932	5
Zinc.............	trembleur dans le vide.	636,2345	10
Lithium.........	flamme.	670,7846	2,5

OPTIQUE. — *Sur une méthode pour la mise au point d'une lunette photographique*. Note de M. **Georges Meslin**, présentée par M. A. Cornu.

« M. Lippmann a indiqué récemment (¹) pour la mise au point d'un collimateur une méthode très simple, qui consiste à insérer un bilame qui dédouble l'image tant qu'on ne se trouve pas dans les conditions requises. Je me suis proposé de chercher si l'on ne pourrait pas employer un caractère analogue pour la mise au point d'une lunette ou d'une plaque photographique, et substituer ainsi à l'appréciation d'une netteté plus ou moins grande, observée d'ailleurs à des instants différents, un phénomène de duplication d'image qui cesserait lorsque le verre dépoli serait exactement dans le plan voulu. On peut y parvenir de la façon suivante :

» Il suffit de viser, dans le plan dont on veut obtenir l'image, soit une fente fine vivement éclairée, soit le filament d'une lampe à incandescence, soit même une ligne brillante, puis d'interposer sur l'objectif de la lunette un écran formé par une lame opaque dont les côtés sont approximativement parallèles à la ligne visée; dans ces conditions, si le verre dépoli n'est pas au point conjugué, l'image de la fente se trouvera dédoublée en deux autres séparées par une bande noire, facile à expliquer et dont la largeur dépendra de l'écran interposé, de l'objectif et de l'écart par rapport à la mise au point correcte.

» J'ai essayé cette méthode avec une lunette photographique et un collimateur et j'ai constaté que l'incertitude sur le tirage était moindre lorsqu'on utilisait ce caractère du dédoublement que lorsqu'on se bornait à considérer la netteté ou l'élargissement des images.

» Cette méthode s'applique aussi bien lorsque l'objet est à distance finie que lorsqu'il est à l'infini; mais, dans ce dernier cas, par exemple pour la

(¹) *Journal de Physique*, p. 594; 1899.

photographie sidérale, on peut utiliser, au lieu d'un écran opaque, un bilame qu'on mettra en avant de l'objectif, la pointe tournée vers celui-ci; il rejettera les faisceaux de part et d'autre et supprimera l'action de la partie centrale de la lentille. Au contraire, si l'objet était à distance finie on obtiendrait toujours une duplication par l'emploi d'un bilame et il est alors nécessaire de recourir à une bande opaque qu'on élargit au fur et à mesure qu'on approche de la position cherchée, en conservant cependant assez de largeur aux faisceaux pour éviter de rendre prédominants les phénomènes de diffraction. »

OPTIQUE. — *Nouvelle interprétation des résultats de M. Michelson pour l'analyse des lumières simples par la méthode des anneaux de Newton.* Note de M. E. **Carvallo**, présentée par M. A. Cornu.

« 1. M. Michelson (1), pour étudier la constitution d'une lumière qui paraît monochromatique avec un faible spectroscope, observa la *visibilité* des anneaux de Newton en fonction de la différence de marche des deux rayons interférents. De la courbe de visibilité obtenue, on conclut à la courbe de l'intensité en fonction de la longueur d'onde, c'est-à-dire à l'analyse poursuivie de la lumière étudiée. Je me propose de montrer ici qu'on peut donner une autre interprétation des résultats de l'expérience.

» 2. Calculons les anneaux de Newton que fournirait une vibration amortie

$$F(t) = e^{-kt} \cos ht \quad (\text{pour } t \geqq 0;\ \text{mais } F(t) = 0 \text{ pour } t < 0).$$

» Celle-ci interfère dans l'appareil avec une vibration identique, mais présentant avec la première un retard θ. L'élongation résultant de l'interférence est

$$\xi = F(t) + F(t+\theta),$$

ce qui donne

$$\xi = 0 \qquad \text{pour } t < -\theta,$$
$$\xi = e^{-k(t+\theta)} \cos h(t+\theta) \qquad \text{pour } -\theta < t < 0;$$

jusque-là le phénomène d'interférence n'est pas encore établi. Il s'établit

---

(1) *Séances de la Société française de Physique*, année 1893; p. 155. — *Phil. Mag.*, 5e série, t. XXXIV, p. 280; 1892.

alors. Le calcul donne enfin un résultat de la forme

$$\xi = \rho\, e^{-kt} \cos(ht + \varphi) \qquad \text{pour } t > 0.$$

C'est une vibration amortie, identique à la vibration incidente; seulement les constantes ρ et φ sont variables avec θ. Elles sont respectivement le module et l'argument de l'imaginaire

$$\rho\, e^{i\varphi} = 1 + e^{(-k+ih)\theta}.$$

Le facteur d'amplitude ρ doit fixer notre attention parce que son carré ρ^2 peut servir de mesure à l'intensité I

$$(2) \qquad I = \rho^2 = 1 + 2e^{-k\theta} \cos h\theta + e^{-2k\theta}.$$

» Si l'on désigne par I_1 et I_2 un maximum de I et le minimum consécutif, la visibilité des anneaux sera représentée, d'après M. Michelson, par la formule

$$(3) \qquad V = \frac{I_1 - I_2}{I_1 + I_2}.$$

» Le calcul se simplifie beaucoup quand on suppose $\frac{k}{h}$ suffisamment petit devant l'unité $\left(\frac{k}{h} = \frac{1}{1000} \text{ par exemple}\right)$. Dans ce cas, les valeurs de θ qui annulent $\frac{dI}{d\theta}$ sont, très sensiblement,

$$(4) \quad \begin{cases} \theta_1 = \dfrac{2\mu\pi}{h} & \text{pour les maxima } I_1, \\ \theta_2 = \dfrac{(2\mu+1)\pi}{h} & \text{pour les minima } I_2, \end{cases} \qquad (\mu \text{ entier quelconque}).$$

» On en déduit, comme valeur très suffisamment approchée de la visibilité,

$$(5) \qquad V = \frac{2e^{-u}}{1 + e^{-2u}},$$

où l'on a pris pour variable

$$(6) \qquad u = \frac{k}{h} 2\mu\pi.$$

» Les valeurs de u sont proportionnelles à θ d'après les formules (4) et (6). Prenons-les pour abscisses; pour ordonnées prenons les valeurs de V déduites de la formule (5). Nous obtenons ainsi une courbe de visi-

bilité qui se rapproche beaucoup de celle qu'a obtenue M. Michelson avec la raie rouge du cadmium ($\lambda = 0^{\mu},64388$). Il est dès lors permis de supposer que cette lumière est due à une vibration amortie.

» 3. Calculons l'amortissement de la vibration pour la raie rouge du cadmium, d'après les observations de M. Michelson. Celles-ci donnent la visibilité V en fonction de la différence de marche X. En particulier, $V = 10$ pour $X = 250^{mm}$, différence de marche qui correspond au numéro de frange $\mu = 390000$. Les données V et μ suffisent pour calculer la constante $\frac{k}{h}$ caractéristique de l'amortissement au moyen des formules (5) et (6). Ces formules, résolues par rapport aux inconnues u et $\frac{k}{h}$, donnent, en effet,

$$(7) \qquad u = \frac{\log\left(\frac{1}{v} + \sqrt{\frac{1}{v^2} - 1}\right)}{\log e}, \qquad \frac{k}{h} = \frac{u}{2\mu\pi}.$$

La première formule (7) donne $u = 3$; et cette valeur portée dans la seconde formule (7) donne pour l'amortissement

$$\frac{k}{h} = \frac{1}{800000}.$$

Ainsi, la simplification que nous avons admise dans le calcul de la formule (3) est largement justifiée.

» 4. En résumé, la raie rouge de la lumière du cadmium s'explique par une vibration amortie. Les lumières plus complexes pourraient sans doute être expliquées par la superposition de deux ou plusieurs vibrations amorties. Cette interprétation paraît particulièrement satisfaisante : comme pour les diapasons, le fait de la transmission de l'énergie de la source au milieu environnant comporte nécessairement un amortissement de la source. Quoi qu'il en soit, ce qui précède prouve au moins que l'interprétation de M. Michelson ne s'impose pas. C'est une hypothèse restrictive qui a permis à M. Michelson de déterminer son problème : elle consiste à admettre que la lumière du cadmium, par exemple, est composée de vibrations *purement sinusoïdales* et *incapables d'interférer entre elles*. L'hypothèse ne me paraît pas justifiée comme je l'ai expliqué dans ma dernière Note [1]. Il importait de faire ces réserves théoriques; mais il importe aussi d'ajouter que la présente Note n'infirme pas les résultats pratiques du beau

---

[1] *Comptes rendus*, t. CXXX, p. 401; 12 février 1900.

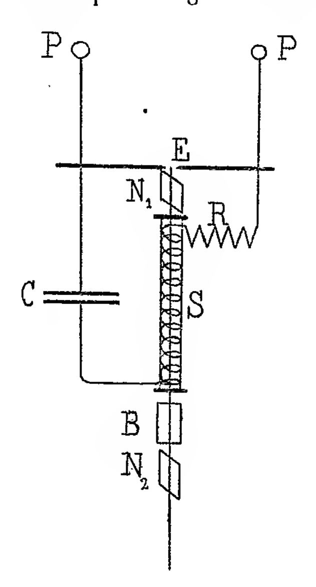
Mémoire de M. Michelson : les composantes d'une radiation multiple demeurent où les a placées l'auteur, et la courbe d'intensité donnée pour chacune d'elles est au moins un schéma qui représente, dans une certaine mesure, la constitution de ces composantes.

» Ajoutons que, si la lumière blanche était due à une vibration amortie, les anneaux fournis par la lumière blanche seraient blancs et non pas colorés [1]. »

PHYSIQUE. — *Disparition instantanée de la polarisation rotatoire magnétique.* Note de MM. **H. Abraham** et **J. Lemoine**, présentée par M. J. Violle [2].

« Dans une Communication antérieure, nous avons exposé une méthode générale de mesure des durées infinitésimales. Elle nous a permis déjà d'évaluer la durée de la disparition du phénomène de Kerr. Nous allons en montrer aujourd'hui l'application à l'étude de l'extinction de la polarisation rotatoire magnétique.

» Un tube de verre de 16^{cm} de longueur, 1^{cm} de diamètre extérieur et 1^{mm} d'épaisseur est fermé à ses deux extrémités par des glaces normales à l'axe. Il est rempli de



sulfure de carbone et enveloppé d'un solénoïde occupant toute la longueur du tube

(1) Cf. *ibid.* et aussi p. 79, 8 janvier et p. 130, 15 janvier.

(2) Travail fait au laboratoire de physique de l'École Normale supérieure.

comprenant 25 spires enroulées sur sa surface extérieure et constituées par un fil de $0^{mm},7$ de diamètre. Le condensateur C, en verre recouvert de papier d'étain, le solénoïde S et la résistance liquide R constituent un circuit rattaché aux pôles P d'un transformateur à haut voltage. Le déflagrateur E, en dérivation sur ces mêmes pôles, permet la décharge du condensateur C. Les étincelles de décharge, longues de 7^{mm}, sont fractionnées par soufflage.

» Dans l'intervalle de deux étincelles successives, le courant de charge du condensateur C est trop faible pour produire une polarisation rotatoire appréciable. Pendant l'étincelle, au contraire, il se produit un courant de grande intensité qui communique au sulfure de carbone une polarisation rotatoire sensible.

» Afin de pouvoir déceler, s'il existe, un retard de la polarisation rotatoire sur le passage du courant, il est nécessaire d'opérer avec une décharge rapidement amortie. Nous la réalisons en disposant de la capacité du circuit et, surtout, en le coupant par une résistance liquide convenable.

» La source lumineuse est fournie par l'étincelle E. Le tube à sulfure de carbone est placé entre le nicol polariseur N_1 et l'analyseur constitué par le biréfringent B suivi du nicol N_2. Les sections principales de N_1 et de B étant parallèles, le nicol N_2 est orienté de manière à amener à l'égalité les deux images que fournit le biréfringent. Cette égalité s'obtient pour deux positions de l'analyseur faisant entre elles un angle 2α qui mesure le double de la rotation moyenne du plan de polarisation pendant le passage du flux lumineux. La grande dispersion du phénomène nous obligeait d'ailleurs à opérer avec la lumière bleue, suffisamment monochromatique, que l'on obtient en intercalant sur le trajet des rayons lumineux une cuve remplie d'eau céleste.

» *Le principe de la méthode est de mesurer cette rotation à des époques différentes à partir de l'époque de l'étincelle. Il suffit pour cela de faire parcourir à la lumière de l'étincelle un chemin variable avant de la faire passer dans le tube à sulfure de carbone.*

» Nous citerons, dans nos expériences, deux cas extrêmes. Le premier ne donnait presque pas d'amortissement, le second avait été étudié dans le but de réaliser le meilleur amortissement de la décharge.

» *Première expérience.* — La résistance liquide du circuit est supprimée. Le condensateur C, de capacité relativement grande, correspond à $\frac{S}{4\pi e} = 25$. Le retard de l'étincelle est exprimé en mètres dont chacun correspond donc à $\frac{1}{300}$ de μs.

Distance parcourue par la lumière.	Double rotation du nicol.
m	o
0,20	6,1
2,90	5,9
34	4,3

» Le phénomène diminue de $\frac{1}{3}$ en $\frac{1}{10}$ de μs. Nous considérons cet amortissement comme insuffisant.

» *Seconde expérience.* — Une colonne d'une dissolution saturée de sulfate de cuivre ayant une résistance d'environ 1 ohm est intercalée en R dans le circuit. Le condensateur C a une capacité plus faible $\left(\frac{S}{4\pi e}=9\right)$. On trouve :

Distance parcourue par la lumière.	Double rotation du nicol.
$0^m,20$	$4^o,5$
$2^m,60$	$2^o,3$

» Au delà de 6^m, le phénomène n'est plus mesurable; il ne reste que la légère dépolarisation produite par le tube à sulfure de carbone.

» Dans cette dernière expérience, la polarisation rotatoire mesurée diminue de moitié en $\frac{1}{100}$ de μs et elle est presque nulle après un temps double.

» Or, comme nous l'avons signalé précédemment à propos du phénomène de Kerr, ce temps comprend à la fois la durée d'établissement de l'étincelle, la durée de la décharge et le retard possible de la polarisation rotatoire sur le courant.

» Nous pouvons donc affirmer que :

» *La polarisation rotatoire magnétique n'a pas un cent-millionième de seconde de retard sur le courant.*

» Remarquons encore que cette limite est un peu moins bonne que celle trouvée pour le phénomène de Kerr. Mais le solénoïde S, que l'on est bien forcé d'accepter ici, augmente la durée de la décharge. Nous avons vérifié expérimentalement qu'en intercalant ce même solénoïde dans le circuit de décharge d'un condensateur de Kerr, on trouvait le même amortissement pour les deux mesures électro-optiques.

» Cette dernière coïncidence rend alors très vraisemblable que : *La polarisation rotatoire magnétique et le phénomène de Kerr suivent* SANS AUCUN RETARD *les variations des champs qui les produisent.* »

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur un procédé de préparation des arséniures, des antimoniures alcalins et de quelques alliages des métaux alcalins* ([1]). Note de M. P. **Lebeau**, présentée par M. Henri Moissan.

« Les arséniures alcalins préparés par union directe du métal avec l'arsenic renferment toujours un excès de métal ou d'arsenic en dissolution. Les produits fondus ainsi obtenus présentent une composition variable pour chaque expérience, alors même que l'on a mélangé les deux corps simples dans le rapport correspondant aux formules assignées à ces composés par Gay-Lussac et Thénard. Nous pensons que cette difficulté d'obtenir un arséniure défini est due au dégagement notable de chaleur produit par la combinaison, dégagement qui entraîne la volatilisation d'une partie notable de l'arsenic ou du métal avant que la réaction ne soit complète. L'hydrogène arsénié réagissant à chaud sur un métal alcalin ne donne pas de meilleurs résultats; en effet la facile décomposition de ce gaz en hydrogène et arsenic sous l'action de la chaleur nous ramène au cas précédent.

» Nous avons tout d'abord essayé de préparer des arséniures définis en faisant agir l'hydrogène arsénié liquéfié sur les métaux alcalins. A cet effet, nous disposions dans un tube de verre fermé à une extrémité, d'un diamètre intérieur de 8^{mm}, un poids déterminé de métal; ce tube, traversé par un courant d'hydrogène arsénié, était ensuite refroidi à — 80°, de façon à liquéfier une quantité de gaz suffisante, pour obtenir une transformation complète du métal. Le tube était finalement scellé et abandonné à la température ordinaire.

» Le potassium, le sodium et le lithium ne se dissolvent point dans l'hydrogène arsénié liquéfié, ni à — 80° à la pression atmosphérique, ni à la température ordinaire en tube scellé; il ne se produit donc pas, dans ces conditions, de métaux arséniums comparables aux métaux ammoniums. Les métaux alcalins sont cependant attaqués, ils se recouvrent d'une couche brune et augmentent de volume, mais la transformation est très lente. Après huit jours, les tubes ont été refroidis, puis ouverts; il s'est tout d'abord dégagé une quantité notable d'hydrogène, et nous avons laissé ensuite évaporer la couche incolore d'hydrogène arsénié. Le produit brun foncé restant dans le tube est un arséniure amorphe impur, il

([1]) Laboratoire des Hautes-Études de M. Moissan.

renferme toujours un excès d'arsenic et retient un peu d'hydrogène arsénié.

» M. Hugot a réussi à préparer les corps $AsNa^3$, AsK^3 et As^4K^2 ([1]) en faisant réagir l'arsenic sur le sodammonium et le potassammonium et en dissociant ensuite sous l'action du vide, à 300°, le composé ammoniacal formé dans cette action. Les produits ainsi préparés sont amorphes et renferment, d'après M. Hugot, un peu d'amidure alcalin. Nous avons substitué à l'arsenic l'hydrogène arsénié, mais les résultats obtenus n'ont pas été meilleurs. L'hydrogène arsénié, traversant bulle à bulle une dissolution de l'un des métaux ammoniums dans un excès de gaz ammoniac liquéfié, produit rapidement une décoloration presque complète, on obtient un liquide limpide jaune pâle qui abandonne, au fur et à mesure de son évaporation, un composé d'un beau rouge identique aux composés décrits par M. Hugot et formé d'une combinaison d'arséniure alcalin et d'ammoniaque. Par la décomposition sous l'action de la chaleur et du vide, on obtient un arséniure amorphe impur.

» La préparation du calcium cristallisé de M. Moissan ([2]) a montré que le sodium fondu pouvait dissoudre facilemennt ce métal et l'abandonner par refroidissement sous la forme cristalline. Nous avons recherché si ce pouvoir dissolvant du sodium existait également pour les corps composés, notamment pour les arséniures. Nos premiers essais nous ont convaincu que cette réaction pouvait fournir un moyen pratique de préparation des combinaisons des métaux alcalins avec l'arsenic, l'antimoine, le bismuth, l'étain et la plupart des métaux. L'élimination du métal alcalin qui sert de dissolvant n'était pas cependant toujours très facile; un très grand nombre de ces composés sont, en effet, détruits par l'alcool absolu. Nous avons dû recourir à l'emploi du gaz ammoniac liquéfié, qui nous permettait d'enlever à froid, et d'une façon complète, l'excès de métal alcalin sous forme de métal ammonium.

» Nous décrirons comme exemple la préparation de l'arséniure de sodium de formule $AsNa^3$:

» L'arséniure est préparé en présence d'un excès de sodium qui doit servir de dissolvant. On introduit dans un creuset de fer à couvercle vissé un mélange d'arsenic pur et de sodium dans les proportions suivantes : arsenic 75^p, sodium 150^p.

([1]) C. Hugot, *Action du sodammonium sur l'arsenic* (*Comptes rendus*, t. CXXVII, p. 553). *Action du potassomonium sur l'arsenic* (*Comptes rendus*, t. CXXIX, p. 603).

([2]) H. Moissan, *Préparation du calcium cristallisé* (*Comptes rendus*, t. CXXVI, p. 1753).

» On chauffe le creuset au rouge sombre dans un petit fourneau à charbon de bois, puis on laisse refroidir lentement. Après refroidissement complet, on dévisse le couvercle et l'on extrait, aussi rapidement que possible, le contenu du, creuset qui a la consistance du sodium. On le conserve ensuite dans des flacons bien secs, remplis d'azote.

» Pour procéder à l'épuisement par le gaz ammoniac liquéfié, nous avons utilisé un appareil très simple ne différant du digesteur Dupré que par le rapport de ses dimensions. Le tube central à siphon du digesteur Dupré a une longueur double du manchon extérieur. Ce dernier est assez lárge pour recevoir une quantité suffisante d'un mélange réfrigérant d'acétone et d'anhydride carbonique et refroidir à —80° la moitié du tube central. C'est dans cette partie que l'on introduit, à l'abri de l'air et de l'humidité, le mélange d'arséniure de sodium et de sodium préparé précédemment. La portion supérieure du cylindre central porte un bouchon de caoutchouc traversé par un tube de verre mis en communication avec un appareil à gaz ammoniac parfaitement desséché. A la partie inférieure se trouve soudé le tube de verre formant siphon et qui dans ce cas n'atteint que $\frac{1}{8}$ de la hauteur du tube. L'extrémité de ce siphon débouche dans un matras refroidi dans lequel on recueille la solution de sodammonium.

» On commence par faire passer dans tout l'appareil le courant de gaz ammoniac et lorsque toute trace d'air est expulsée on refroidit le digesteur et le matras récipient. Le sodium se dissout et la belle solution bleue du métal ammonium s'écoule lentement. On arrête la liquéfaction dès que le liquide passe incolore. On interrompt alors la communication avec l'appareil producteur de gaz ammoniac et on laisse le tube renfermant l'arséniure reprendre la température ordinaire, puis on substitue au courant d'ammoniac un courant d'azote pur et sec.

» Lorsque ce dernier gaz n'agit plus sur le tournesol rouge, on débouche l'appareil et l'on fait tomber le produit cristallin qui s'y trouve dans un tube à essai que l'on scelle à la lampe. Nous avons dû employer l'azote pour éliminer les dernières traces de gaz ammoniac de préférence à l'hydrogène qui rendait le produit pyrophorique.

» L'arséniure de sodium obtenu se présente en petits cristaux noirs, brillants, répondant à la formule $AsNa^3$.

» Nous avons préparé de la même façon $SbNa^3$, $BiNa^3$ et $SnNa^4$. Ce procédé s'applique également à la préparation des composés correspondant du potassium et du lithium. Nous avons pu, en outre, isoler d'autres alliages cristallisés des métaux alcalins dont nous poursuivons l'étude.

» En résumé, l'arsenic ou l'hydrogène arsénié gazeux ou liquéfié, réagissant sur les métaux alcalins, ne fournissent pas d'arséniures purs et cristallisés.

» L'hydrogène arsénié liquéfié ne dissout point les métaux alcalins, ni à — 80°, ni à la température ordinaire sous sa propre pression. Il ne se forme donc pas de métaux-arséniums comparables aux métaux ammoniums. L'emploi d'un métal alcalin comme dissolvant de son arséniure et l'élimination de l'excès de métal au moyen de gaz ammoniac liquéfié con-

stituent un excellent procédé de préparation des arséniures cristallisés. Cette méthode est d'un usage assez général et permet d'obtenir commodément des alliages définis et cristallisés des métaux alcalins. »

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur l'iodure d'azote* (1). Note de M. C. **Hugot**, présentée par M. A. Ditte.

« On a décrit sous le nom d'*iodure d'azote* des corps plus ou moins définis, auxquels on a attribué des formules très variables, mais se rapportant presque toutes au type AzH^3. Telles sont : AzI^3 (Gay-Lussac, Stehlschmidt), $AzHI^2$ (Bineau, Gladstone, Raschig, Szuhay, Seliwanoff), AzH^2I (Millon, Marchand). On a proposé aussi d'autres formules plus complexes telles que AzH^3, AzI^3 (Bunsen) ou $Az^2H^3I^3$ (Chattaway), ou encore $AzH^3, 4AzI^3$ (Bunsen) et $Az^5H^5I^{10}$, $3AzH^3.5AzI^3$ (Guyard) et même $Az^3H^3I^5$ et AzH^3I^2 qui ne répondent pas au type AzH^3.

» J'ai pensé qu'il y avait intérêt à examiner de nouveau cette question en opérant, comme dans mes recherches précédentes, c'est-à-dire à l'aide du gaz ammoniac liquéfié et en dosant tous les produits formés. C'est le résultat de ces expériences qui fait l'objet de cette Note.

» Tout d'abord, lorsqu'on fait arriver du gaz ammoniac sec sur de l'iode sec, ce dernier semble fondre au contact du gaz ; il se produit un liquide noir visqueux avec un dégagement de chaleur très sensible. Si l'on continue à faire arriver du gaz ammoniac, le liquide noir devient moins visqueux et prend une teinte rouge.

» Cette réaction a déjà été signalée par Colin (2), qui conclut à deux degrés d'ioduration, correspondant respectivement au liquide noir et au liquide rouge. Millon (3), reprenant cette expérience, porta son attention sur le liquide rouge et lui donna le nom d'*ammoniure d'azote*. Il constata qu'il n'était pas détonant et que, traité par l'eau, il laissait déposer une poudre noire qui avait les propriétés du corps appelé *iodure d'azote*. Il donna à ce liquide rouge la formule compliquée suivante :

$$3(I^2H^2, Az^2H^6) + (I^6Az^2, 2Az^2H^6) + 6I,$$

(1) Travail fait au Laboratoire de Chimie industrielle de la Faculté des Sciences de Bordeaux.

(2) Colin, *Ann. de Chim. et de Phys.*, t. XCI, p. 5; 1814.

(3) Millon, *Ann. de Chim. et de Phys*, 2e série, t. LXIX, p. 78; 1838.

Colin constate un dégagement d'azote, Millon n'en fait pas mention.

» J'ai observé qu'au début il n'y avait pas dégagement d'azote, mais qu'on constatait la production de ce gaz en poursuivant l'expérience pendant quelques heures.

» J'ai opéré alors autrement :

» Le tube contenant l'iode, étant plongé dans un mélange réfrigérant, on y fait arriver du gaz ammoniac sous pression. Ce gaz se liquéfie. Après en avoir condensé ainsi un volume assez notable, on constate que le liquide noir, d'abord formé, est devenu rouge. Puis cette coloration disparaît à son tour, laissant une liqueur à peine colorée en jaune; au fond du tube se sont déposées de fines aiguilles d'un vert très foncé.

» Si on laisse alors l'ammoniac s'évaporer, les changements inverses se produisent ; on voit réapparaître le liquide rouge, stable sans décomposition sous la pression atmosphérique, et les cristaux verts disparaissent. Pour les isoler et étudier leur nature, j'ai eu recours à l'appareil déjà décrit dans des Notes précédentes (¹) qui permet de séparer les cristaux du liquide qui les baigne et de les laver à l'ammoniac liquéfié.

» On peut ensuite séparer les deux parties de l'appareil où l'on trouve, d'une part les cristaux verts, et d'autre part les autres produits de la réaction.

» 1° *Analyse des cristaux verts.* — La plupart des tentatives de décomposition directe ont abouti à une violente explosion; j'ai préféré laisser la matière se décomposer spontanément et lentement. Au-dessous de $+10°$, ce corps paraît assez stable; on peut même le conserver plusieurs jours sans constater de décomposition ; mais il n'en est plus ainsi au-dessus de cette température. A $+18°$, par exemple, en vingt-quatre heures, 1^{gr} de ce corps paraît à peu près complètement décomposé et l'on obtient de l'iode, de l'iodure d'ammonium, de l'ammoniac et de l'azote. En faisant le vide, on recueille ces gaz et on les mesure; dans le résidu, on dose facilement l'iode libre et l'iodure d'ammonium. Les nombres trouvés correspondent très sensiblement à la formule $AzI^3, 3AzH^3$ avec un léger excès d'ammoniac d'environ un dixième.

» 2° *Examen du résidu.* — La matière, séparée des cristaux verts, ramenée à la température ordinaire et placée dans le vide, perd de l'ammoniac et une très petite quantité d'azote; en même temps sa coloration devient plus intense, ce qui indique que la proportion d'iode libre augmente; le résidu est surtout formé d'iodure d'ammonium.

» On peut tirer de là l'explication de tous les faits observés : quand on fait arriver de l'ammoniac sec sur de l'iode sec, il y a formation d'iodure d'ammonium ammoniacal (²) et d'iodure d'azote ammoniacal :

$$16AzH^3 + 6I = 3(AzH^4I, 3AzH^3) + AzI^3, 3AzH^3.$$

(¹) *Comptes rendus*, t. CXXVII, p. 553.

(²) Ce composé n'est autre chose que l'iodure $AzH^4I, 3AzH^3$ décrit par M. Troost (*Comptes rendus*, t. XCII, p. 715).

» Pour un poids d'iode égal à $1^{gr},674$, par exemple, on a trouvé une augmentation de poids de $0^{gr},5814$. Calculée avec cette formule, l'augmentation devait être $0^{gr},5975$.

Mais la réaction est incomplète si l'on ne met pas un grand excès d'ammoniac, car la liqueur rouge que l'on obtient en opérant sous la pression atmosphérique contient de l'iode libre, qui ne disparaît que lorsque l'on fait arriver de l'ammoniac sous pression; le liquide est alors jaune très pâle.

» Le composé $AzH^4I, 3AzH^3$ est donc, à la température à laquelle on opère, un liquide qui dissout facilement l'iode et l'iodure d'azote. Mais la solubilité de ce dernier est moindre dans une solution d'iodure d'ammonium ammoniacal dans l'ammoniaque liquide, de sorte qu'on obtient une partie de ce corps en cristaux. Quand on décante, la majeure partie de l'iodure d'azote se trouve ainsi isolée; le liquide décanté est formé d'ammoniaque en excès, d'iodure d'ammonium ammoniacal, d'un peu d'iodure d'azote et de la trace d'iode libre restée en excès. Si l'on fait dégager l'ammoniac de cette dernière portion, la petite quantité d'AzI^3 dissous se décompose en donnant de l'azote et de l'iode libre. Le liquide est, en effet, rouge foncé; l'azote recueilli, $0^{gr},00546$, correspond à $0^{gr},1486$ d'iode; or, on a trouvé pour l'iode libre un nombre très voisin, $0^{gr},1534$; la petite différence représente la trace d'iode dont il est parlé plus haut.

» L'iodure d'azote ammoniacal $AzI^3, 3AzH^3$, maintenu à 30° dans le vide, perd une molécule d'ammoniaque et laisse un beau corps cristallisé, présentant une couleur jaune laiton. Sa formule est $AzI^3, 2AzH^3$. Celui-ci, exposé à son tour à zéro, dans le vide, perd une autre molécule de gaz ammoniac et donne des aiguilles très fines, violettes, dont la formule est AzI^3, AzH^3.

» Cette dernière substance se décompose dans le vide sans explosion quand on la chauffe lentement sans dépasser 50°. Au-dessus de cette température, il se produit une violente détonation.

» Je n'ai pu enlever à ce corps sa dernière molécule d'ammoniaque sans le décomposer en même temps. Toutefois, j'ai observé qu'au début l'ammoniac est en proportion plus considérable que l'azote, et cela semble indiquer que cette décomposition peut avoir lieu.

» En résumé, j'ai obtenu les corps $AzI^3, 3AzH^3$; $AzI^3, 2AzH^3$ et AzI^3, AzH^3, parfaitement cristallisés; on peut les considérer comme des combinaisons ammoniacales de l'iodure d'azote, d'après la facilité avec laquelle ils perdent de l'ammoniac. Si l'on écrit les formules brutes de ces corps

$Az^4H^9I^3$, $Az^3H^6I^3$ et $Az^2H^3I^3$, on voit que ce dernier seul (Bunsen, Chattaway) figure dans la liste des composés, signalés au début de cette Note. »

THERMOCHIMIE. — *Méconine, acide opianique, acide hémipinique* (¹). Note de M. Émile Leroy.

« *Méconine* : $C^{10}H^{10}O^4$. — La méconine pure a été brûlée dans la bombe calorimétrique. On a trouvé, pour la combustion de 1gr, $5857^{cal},3$; $5859^{cal},3$; $5854^{cal},4$; en moyenne $5857^{cal},0$; d'où, pour une molécule = 194 :

	Cal
Chaleur de combustion à volume constant.............	1136,2
» à pression constante...........	1136,5
Chaleur de formation à partir des éléments............	+151,6

» La méconine étant considérée comme un diméthoxyphtalide

$$(CH^3O)^2C^6H^2\langle{}^{CH^2}_{CO}\rangle O,$$

il est intéressant de la comparer au phtalide. La différence des chaleurs de combustion de ces deux corps est $251^{Cal},1$ ou $125^{Cal},5 \times 2$, nombre tout à fait comparable aux différences qui existent entre l'anisol et la benzine $128^{Cal},6$, l'éther crésylméthylique et le toluène $123^{Cal},5$, l'éther diméthylique de la résorcine et la benzine $123^{Cal},0 \times 2$, etc.

» *Acide opianique* : $C^{10}H^{10}O^5$. — C'est l'acide-aldéhyde provenant de l'oxydation de la méconine.

» On a trouvé, pour la combustion de 1gr, $5200^{cal},5$; $5195^{cal},4$; $5180^{cal},7$; en moyenne $5192^{cal},2$; d'où, pour une molécule = 210 :

Chaleur de combustion à pression et volume constants..	$1090^{Cal},4$
Chaleur de formation par les éléments...............	$+197^{Cal},7$

» On en déduit encore pour la formation à partir de la méconine

$$C^{10}H^{10}O^4 + O = C^{10}H^{10}O^4 + 46^{Cal},1.$$

» Ce nombre est sensiblement inférieur à la chaleur moyenne dégagée dans la réaction

$$\text{alcool} + O = \text{aldéhyde} + H^2O,$$

réaction qui dégage, en effet, $56^{Cal},2$ pour l'alcool éthylique, $53^{Cal},6$ pour l'alcool benzylique, $53^{Cal},0$ pour l'alcool furfurique, etc., c'est-à-dire un peu plus de 50^{Cal}. Si, par analogie, on admet une pareille valeur pour la transformation de l'acide-alcool, dont la méconine est le lactone, en acide opianique, on voit que la déshydratation de cet

(¹) Laboratoire du Collège de France.

acide-alcool pour former la méconine doit correspondre à un phénomène thermique faible. Cela doit être rapproché de la petitesse du phénomène thermique qui correspond à la formation du glycolide et du lactide. Ce sont là des propriétés générales des anhydrides internes ou lactones.

» *Chaleur de dissolution.* — On a trouvé pour chaleur de dissolution de l'acide opianique dans l'eau (1 mol. = 100^{lit}) à 12° — $6^{Cal},81$.

» *Chaleur de neutralisation.* — L'acide opianique solide a été dissous dans KOH (1 mol. = 10^{lit}), ce qui a dégagé $+8^{Cal},72$; l'addition d'une seconde molécule de potasse a encore dégagé $+0^{Cal},4$. On déduit de là la chaleur de neutralisation de l'acide dissous par KOH dissous $+15^{Cal},53$.

» L'action de HCl étendu sur une solution d'opianate de potassium a absorbé $-1^{Cal},60$; inversement, l'acide opianique dissous est sans effet thermique sur une solution de KCl; cela conduit à $+15^{Cal},60$ pour la neutralisation de l'acide opianique, nombre très voisin de celui qui est fourni par les expériences directes.

» L'acide opianique dissous déplace presque complètement l'acide acétique : l'action du premier acide sur une solution d'acétate de potassium a dégagé en effet $+2^{Cal},0$; le déplacement total aurait donné $+2^{Cal},2$.

» *Opianate de potassium.* — Le sel cristallisé dans l'eau renferme $2,5H^2O$. La dissolution du sel hydraté dans l'eau (1 mol. = 10^{lit}) vers 10° a absorbé $-4^{Cal},88$. La dissolution du sel déshydraté à froid dans le vide a dégagé $+4^{Cal},30$. On en déduit pour la chaleur d'hydratation du sel $+9^{Cal},18$ à partir de l'eau liquide et $+5^{Cal},28$ à partir de l'eau solide, et pour la chaleur de formation du sel solide

$$C^{10}H^{10}O^5 \text{ sol.} + KOH \text{ sol.} = C^{10}H^9O^5K \text{ sol.} + H^2O \text{ sol.} + 18^{Cal},44.$$

» Si, au lieu de déshydrater le sel à froid dans le vide, on le déshydrate à 100°, on trouve pour sa chaleur de dissolution des nombres plus faibles et qui paraissent s'abaisser d'autant plus que l'action de la chaleur a été plus prolongée : dans une expérience, la chaleur de dissolution s'est abaissée à $+1^{Cal},20$. Le sel déshydraté sous l'action de la chaleur éprouve donc des modifications spéciales; ces modifications ont pour effet d'augmenter la chaleur de formation du sel dans l'état solide et de la rendre voisine de celle de l'acétate de potassium.

» *Opianates de méthyle.* — On connaît deux éthers méthyliques isomères de l'acide opianique, auxquels on attribue les formules

I $$(CH^3O)^2C^6H^2\left\langle\begin{array}{l}CHO\\CO^2CH^3\end{array}\right.$$

II $$(CH^3O)^2C^6H^2\left\langle\begin{array}{l}CH-OCH^3\\CO\end{array}\right\rangle O$$

le premier fondant à 82°-84° s'obtient par l'action de l'iodure de méthyle sur l'opianate d'argent; le second fondant à 103°-104°, par l'ébullition d'une solution d'acide opianique dans l'alcool méthylique. Il m'a semblé qu'il y aurait quelque intérêt à étudier au point de vue thermique ce cas d'isomérie.

» On a trouvé, pour le premier corps : chaleur de combustion pour 1^{gr}, $5624^{cal},2$;

5631^cal^,8; moyenne 5628^cal^,0; et pour le second 5626^cal^,2; 5645^cal^,2; 5631^cal^,9; moyenne 5634^cal^,4; d'où, pour une molécule = 224:

	Premier éther.	Deuxième éther.
	Cal	Cal
Chaleur de combustion à volume constant........	1260,7	1262,1
» pression constante......	1261,0	1262,4
Chaleur de formation par les éléments............	+ 190,4	+ 189,0

Les deux éthers ont donc sensiblement la même chaleur de formation.

» *Acide hémipinique* $C^{10}H^{10}O^6$. — C'est l'acide bibasique provenant de l'oxydation de l'acide opianique.

» La combustion de l'acide déshydraté à froid dans le vide sec a dégagé, pour 1^{gr}, $4554^{cal},6$; $4524^{cal},1$; $4526^{cal},1$: en moyenne $4534^{cal},9$; d'où, pour une molécule = 226:

	Cal
Chaleur de combustion à volume constant...........	1024,9
» pression constante..........	1024,6
Chaleur de formation par les éléments...............	+ 263,5

» Si nous comparons tout d'abord l'acide hémipinique à l'acide phtalique, nous trouvons que la différence des chaleurs de combustion est $126^{Cal},5 \times 2$; ce qui s'accorde avec ce fait que l'acide hémipinique est un acide diméthoxyphtalique.

» Nous voyons en outre que l'oxydation de l'acide opianique en acide hémipinique dégage $+ 65^{Cal},8$; c'est la valeur ordinaire qui correspond à la transformation d'un aldéhyde en acide.

» Si l'on compare enfin l'acide hémipinique à la méconine, on voit que

Méconine + O^2 = acide hémipinique...... $+ 111^{Cal},9$

réaction qu'on doit rapprocher de la suivante

Phtalide + O^2 = acide phtalique.......... $+ 113^{Cal},8$

CHIMIE CRISTALLOGRAPHIQUE. — *Dédoublement du benzylidène-camphre racémique. Isomorphisme des deux composants actifs* (¹). Note de M. J. MINGUIN.

« M. Haller a montré que les aldéhydes aromatiques réagissent sur le camphre sodé pour donner des combinaisons bien cristallisées (²). Nous

(¹) Travail fait à l'Institut chimique de l'Université de Nancy.

(²) *Comptes rendus*, t. CXIII, p. 22.

nous occupons depuis quelque temps de l'étude cristallographique de ces différents composés et de la préparation d'un certain nombre de racémiques, pour essayer sur eux des dédoublements et comparer leurs propriétés physiques et géométriques à celles de leurs composants. La Note que nous avons l'honneur de présenter à l'Académie contient le résultat de nos recherches sur le benzylidène-camphre $C^8H^{14}\begin{cases} C = CH.C^6H^5 \\ CO \end{cases}$ dans ses modifications droite, gauche et racémique.

» Nous rappellerons d'abord que les cristaux droits et gauches appartiennent au système orthorhombique, tandis que les racémiques sont du système monoclinique ([1]); que les modifications actives ne possèdent pas de facettes hémiédriques, mais que, néanmoins, on peut les différentier nettement au moyen des figures de corrosion ([2]). Nous ajouterons aussi que la corrosion sur les faces *p* du benzylidène-camphre racémique donne, comme on pouvait s'y attendre, des figures symétriques par rapport à la clinodiagonale.

» Pour dédoubler le benzylidène camphre racémique, nous employons une méthode connue (cessation de la sursaturation avec un composant actif droit ou gauche).

» L'emploi de l'alcool comme dissolvant n'a pas réussi; un cristal droit, introduit dans la dissolution sursaturée du racémique, s'est dissous entièrement; cette dissolution n'était pas saturée par rapport au droit.

» En employant le toluène, nous avons parfaitement réussi à effectuer le dédoublement; le cristal droit introduit ne s'est pas dissous et au bout d'un certain temps, autour de lui, se sont déposés de nombreux cristaux. La dissolution, cette fois, était saturée par rapport au droit.

» Voici exactement les conditions dans lesquelles nous nous sommes placés :

1° On a amorcé avec un cristal droit, à la température de $+14°$, 24^{gr} de racémique, en sursaturation dans 20^{cc} de toluène.

2° 18^{gr} de racémique ont été mis en sursaturation dans 20^{cc} de toluène et l'on a amorcé à $+5°$.

» Dans la première expérience, nous avons obtenu de très petits cristaux dont on reconnaît néanmoins la symétrie terbinaire (signe de dédoublement). Nous avons même effectué des mesures d'angles qui ne nous ont plus laissé de doute à ce sujet. De plus, nous avons tiré, en appliquant la méthode de corrosion, un certain nombre

([1]) *Comptes rendus*, t. CXXII, p. 1546.

([2]) *Comptes rendus*, t. CXXVIII, p. 1335.

de ces petits cristaux droits et gauches ne possédant pas, comme nous l'avons déjà dit, de facettes hémiédriques. Pour cela, on les plonge pendant quelques secondes dans le toluène et, après les avoir essuyés, on les examine au microscope. Les uns nous montrent un empilement caractérisant le composé gauche.

» Nous avons été ainsi en possession de 0^{gr},042 de cristaux droits et 0^{gr},05 de cristaux gauches.

» Ces poids de substances actives ont été dissous séparément dans 10^{cc} de toluène. L'observation au polarimètre, avec un tube de 0^{m},10, a donné les nombres suivants :

Pour le droit................	$\alpha = -0°45'$	$\alpha_D = +178°$
Pour le gauche..............	$\alpha_1 = -1°25'$	$\alpha_{1D} = -262°$

» Dans la deuxième expérience, nous avons obtenu des cristaux un peu plus gros que nous avons séparés absolument de la même façon. Nous avons isolé 0^{gr},1236 de cristaux droits et 0^{gr},1297 de cristaux gauches. Nous avons dissous ces cristaux dans 10^{cc} de toluène, et, en observant au polarimètre avec un tube de 0^{m},10, nous avons trouvé :

Pour le droit..............	$\alpha = +3°50'$	$\alpha_D = +310°$
Pour le gauche.............	$\alpha_1 = -1°46'$	$\alpha_{1D} = -130°$

» Si l'on se rappelle que le benzylidène-camphre actif a un pouvoir rotatoire égal à $\pm 430°$, on se demande pourquoi les cristaux de dédoublement ont des pouvoirs rotatoires inégaux entre eux et plus faibles que 430°.

» Les figures de corrosion vont nous fournir l'explication de cette différence. Nous avons remarqué en effet sur certains cristaux de dédoublement des plages droites et des plages gauches. Quand ce cas se présentait nous rejetions les cristaux, mais il eût fallu de plus regarder ceux que nous avions triés sur toutes leurs faces *m* corrodées et cela n'eût pas encore été suffisant, car dans une couche inférieure ces différentes plages eussent pu coexister.

» Nous avons affaire ici à un phénomène d'isomorphisme, c'est-à-dire que non seulement les molécules cristallines du benzylidène-camphre droit et gauche ont leur position d'équilibre sur un réseau identique, mais qu'elles peuvent exister non racémisées en proportions variables dans un même cristal.

» S'il en est ainsi, un cristal gauche, par exemple, devra faire cesser la sursaturation d'une dissolution de cristaux droits. C'est, en effet, ce qui arrive.

» Nous avons mis 6^{gr} de benzylidène-camphre droit dans 20^{cc} d'alcool absolu, puis nous avons ajouté un cristal racémique qui est resté intact sans produire de cessation

de sursaturation; nous avons alors ajouté un cristal gauche qui a donné naissance à un dépôt cristallin.

» Nous avons essayé la même opération au sein du toluène (18^{gr} de droit dans 20^{cc}); un cristal gauche aussi bien qu'un cristal racémique se sont dissous. L'opération ne réussit donc que si le racémique qui peut prendre naissance est insoluble dans les conditions de l'expérience.

» Le point de fusion des cristaux de dédoublement vient encore à l'appui de cette manière d'envisager le phénomène.

» La fusion de cristaux nets droits ou gauches commence à 78° (point de fusion du racémique) et finit à 82°-85°-90°. Quelquefois on rencontre des cristaux qui fondent nettement à 96° (point de fusion du benzylidène-camphre actif). Ceci s'explique facilement si l'on suppose dans un même cristal un mélange de droit et de gauche non racémisé qui, suivant les proportions de l'un et de l'autre, donnent des points de fusion différents et nullement précis. D'ailleurs, des mélanges artificiels de benzylidène-camphre droit et gauche en proportions variables présentent les mêmes particularités dans la fusion.

» C'est le premier composé du camphre qui ait été dédoublé de cette façon. M. Pope ([1]) dernièrement a bien réussi à dédoubler la camphoroxime racémique, mais en employant une méthode qu'il a d'ailleurs généralisée, consistant à combiner la camphoroxime avec un acide fort, l'acide camphosulfonique, et soumettant le produit formé à des cristallisations méthodiques.

» D'après tout ce qui précède, il vient à l'idée qu'on pourrait considérer le pseudoracémisme et peut-être le racémisme vrai ([2]) comme étant d'ordre purement cristallographique, ne dépendant que de l'orientation réciproque des molécules cristallines optiquement inverses. »

CHIMIE INDUSTRIELLE. — *Méthode rapide de dosage de l'acide carbonique dans divers gaz.* Note de MM. **Léo Vignon** et **Louis Meunier**, présentée par M. Henri Moissan.

« Si, dans un flacon contenant de l'acide carbonique mélangé à d'autres gaz *neutres*, on introduit peu à peu une solution titrée d'eau de chaux

---

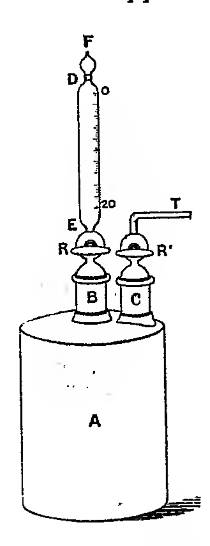
([1]) *Chem. Soc.*, t. LXXV, p. 1105-1109.

([2]) Kipping et Pope, *Chem. Soc.*, t. LXXI-LXXII, p. 989-1000; 1897.

rougie par la phénolphtaléine, l'eau de chaux ne conservera une coloration rose persistante qu'après la saturation complète de l'acide carbonique.

» L'opération est rendue plus rapide et plus complète en faisant intervenir un peu d'alcool éthylique, qui facilite la formation du carbonate de calcium insoluble. La proportion d'acide carbonique est mesurée par la quantité d'eau de chaux employée pour obtenir la coloration rouge, déduction faite d'une certaine quantité absorbée pour la coloration de la phénolphtaléine.

» Le croquis indique la forme de l'appareil de verre employé :



» Les réactifs nécessaires sont : 1° une solution alcoolique de 5^{gr} de phénolphtaléine dans 100^{cc} d'alcool éthylique à 93°, parfaitement neutre et filtrée; 2° une solution saturée et titrée d'hydrate de chaux [renfermant $1^{gr},8$ Ca $(OH)^2$ par litre à la température de 15°]; 3° de l'alcool à 93°, neutre, ayant bouilli immédiatement avant d'effectuer le dosage.

» Indiquons le mode opératoire pour deux applications.

» *Dosage* CO^2 *dans le gaz d'éclairage.* — L'appareil, préalablement jaugé avec de l'eau, est rempli de gaz par déplacement; on laisse prendre au gaz la température et la pression extérieures en ouvrant et fermant rapidement le robinet R'. On note la température T et la pression H.

» Dans le flacon A, avant qu'il soit rempli de gaz, on a introduit 40^{cc} d'alcool à 93° contenant 10 gouttes de la solution de phénolphtaléine. Puis on fait alors tomber l'eau de chaux dans le flacon, goutte à goutte, au moyen de la burette, jusqu'à coloration rose persistante. Après chaque addition, la burette est fermée à l'aide du bouchon F, et l'on agite énergiquement; la coloration disparaît rapidement au début de l'expérience,

mais les dernières portions d'acide carbonique étant absorbées lentement, la durée de l'essai doit être prolongée pendant vingt à vingt-cinq minutes au moins.

» Quelques points de détail doivent être considérés : *a*. Si le gaz contient de l'ammoniaque et de l'hydrogène sulfuré, on lui fait traverser, avant de le recueillir, une solution acétique faible d'acétate de plomb; *b*. Pour introduire l'eau de chaux dans l'appareil il suffit de refroidir le flacon par un courant d'eau.

» Finalement on lit le volume de l'eau de chaux employée, soit n^{cc} (déduction faite de l'eau de chaux nécessaire pour la coloration type). V étant la capacité du flacon, le volume du gaz à 0° et $0^m,760$ sera :

$$V \times \frac{H}{760} \times \frac{1}{1 + 0,00367\,T}.$$

» D'autre part, le volume de CO^2 à 0° et $0^m,760$ correspondant à n^{cc} d'eau de chaux contenant par litre $1^{gr},8$ $Ca(OH)^2$ est, en litres,

$$\frac{44 \times 1,8 \times n}{74 \times 1000 \times 1,965} = \frac{19,8 \times n}{36352,5} = 0,000544\,n.$$

» 1^{cc} d'eau de chaux correspond à $0^{cc},544$ CO^2 à 0° et $0^m,760$.

» 1 litre de gaz d'éclairage à 0° et $0^m,760$ contiendra

$$\text{litres } CO^2 : \frac{\dfrac{19,8 \times n}{36352,5}}{\dfrac{VH}{760(1 + 0,00367\,T)}} = \frac{19,8 \times n(1 + 0,00367\,T)760}{VH \times 36352,5}.$$

» *Dosage* CO^2 *dans l'air confiné*. — La rapidité de la méthode permet de suivre de quart d'heure en quart d'heure, par exemple, la variation des proportions de CO^2 contenues dans une salle habitée, une salle chauffée, une salle de cours, etc. La prise de gaz s'effectue très simplement en vidant le flacon préalablement rempli d'eau dans la salle dont on veut étudier l'atmosphère, et au point choisi pour la prise d'échantillon.

» On introduit ensuite, par la burette, 20^{cc} d'alcool à 93° contenant 10 gouttes de la solution de phénolphtaléine, puis 20^{cc} d'alcool à 93°; la burette est rincée avec un peu d'eau, puis avec de l'eau de chaux avec laquelle on la remplit jusqu'au 0.

» La méthode, indépendamment de ces deux applications, se prête au dosage de CO^2 dans les gaz des hauts fourneaux, les gaz des foyers, les gaz de saturation des jus sucrés, à la condition que ces gaz ne contiennent pas de gaz acides autres que l'acide carbonique. »

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur le dosage volumétrique de l'acide borique* [1]. Note de M. **Alfred Stock**, présentée par M. Henri Moissan.

« Ayant à effectuer l'analyse d'un certain nombre de borures, nous avons employé pour le dosage de l'acide borique la méthode de M. Jones [2]. Dans ce procédé, on neutralise dans la solution acide de l'acide borique les acides minéraux par un mélange d'iodure et d'iodate de potassium qui ne réagit pas sur l'acide borique même, de manière qu'on peut titrer celui-ci par la soude en ajoutant de petites quantités de mannite [3].

» Les résultats que nous avons obtenus n'étaient pas satisfaisants. Après avoir recherché quelles étaient les causes d'erreur, nous avons été amenés à modifier le dosage de la façon suivante.

» D'abord il est absolument nécessaire d'éviter minutieusement l'influence de l'acide carbonique. M. Jones, qui en a aussi reconnu l'importance, recommande d'employer une soude exempte de carbonate et de détruire l'acide carbonique libre de la solution qu'on veut titrer par un excès de chlorure de baryum. Nous avons trouvé que cette dernière précaution est insuffisante et inutile. Le changement de couleur n'est, en effet, jamais bien net et les valeurs trouvées pour l'acide borique dépassent toujours la quantité véritable de ce dernier d'au moins 1 pour 100.

» D'autre part, on évite complètement cette cause d'erreur quand on n'emploie que des réactifs dont on a chassé l'acide carbonique par ébullition, et quand on fait bouillir, dans le même but, la solution acidulée de l'acide borique au réfrigérant à reflux pendant un quart d'heure. Il est bien évident que la soude employée était débarrassée d'avance du carbonate au moyen du chlorure de baryum. Dès lors, le changement de couleur se fait avec la plus grande netteté et les chiffres obtenus sont absolument exacts, même quand le volume du liquide est de beaucoup supérieur à 50^{cc}, vo-

---

(1) Laboratoire des Hautes Études de M. Moissan.

(2) *Amer. Journ. of Science*, t. VII, p. 147, et *Ztschr. f. anorg. Chemie*, t. XX, p. 216.

(3) Plus récemment, M. Jones a publié un procédé iodométrique du dosage de l'acide borique (*Amer. Journ. of Science*, t. VIII, p. 127, et *Ztschr. f. anorg. Chemie*, t. XXI, p. 169), mais qui ne peut être employé en présence de certains métaux, notamment dans le cas de l'aluminium qui nous intéressait particulièrement.

lume qu'on ne devrait pas dépasser, d'après M. Jones, pour avoir de bons résultats (¹).

» Ce départ complet de l'acide carbonique empêche en même temps la formation du précipité de carbonate de baryum qui est très gênant au moment du virage.

» Pour la même raison, c'est-à-dire pour avoir un liquide bien limpide, nous jugeons inutile d'ajouter au mélange de l'iodure et de l'iodate de potassium de l'amidon, parce que l'excès d'hyposulfite de soude, que l'on emploie plus tard pour la décoloration de l'iode mis en liberté, n'est point nuisible. D'ailleurs, une seule goutte d'une solution d'hyposulfite à 20 pour 100 suffit toujours pour faire disparaître bien nettement la couleur jaune de l'iode.

» En opérant comme il vient d'être indiqué, la sensibilité du procédé de M. Jones est absolument comparable à celle du titrage d'un acide minéral par la soude et la phénolphtaléine.

» Nous avons également fait quelques observations sur l'influence de la présence de certains métaux dans la solution borique. Pendant que les métaux alcalins et les terres alcalines n'altèrent d'aucune façon le titrage en question, il n'en est plus de même pour les métaux qui sont précipités eux-mêmes par la soude. Malgré cela il ne faut pas toujours séparer ces métaux de la solution borique; ainsi que nous l'avons publié dans une Note précédente (*Comptes rendus*, t. CXXX, p. 175), le mélange de l'iodure et de l'iodate de potassium précipite quantitativement les solutions de l'aluminium ou du fer par exemple, quand on opère à chaud. Donc, quand on se trouve en présence des sels d'aluminium ou de fer, on décolore, après avoir ajouté le mélange iodique, par un excès suffisant d'hyposulfite, on chauffe au bain-marie pendant une demi-heure et l'on titre après refroidissement du liquide sans tenir compte des hydrates précipités.

» La durée de l'opération devient un peu plus longue lorsque, à la fin du titrage, il faut attendre le dépôt du précipité pour l'examen de la couleur du liquide; mais il n'est pas possible de filtrer l'alumine ou l'oxyde de fer parce qu'ils renferment souvent des quantités variables de borates, quand il y a un grand excès d'acide borique. Du reste, ces borates sont facilement décomposés par la soude, et le titrage est encore très précis. »

(¹) Seulement la quantité de mannite nécessaire s'augmente en proportion du volume du liquide.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Recherches sur la genèse des composés de la série du menthol dans les plantes* ([1]). Note de M. **Eugène Charabot**, présentée par M. Moissan.

« J'ai indiqué récemment (*Comptes rendus*, 6 novembre 1899, 29 janvier 1900; *Bull. Soc. chim.*, 3e série, t. XXI et XXIII) la série des transformations que subit le linalol au fur et à mesure que la plante se développe et que l'huile essentielle chemine à travers ses divers organes. Je vais envisager maintenant le cas d'un alcool secondaire, le *menthol*, $C^{10}H^{20}O$, que l'on rencontre dans l'essence de *Mentha piperita* à côté de la cétone correspondante, la *menthone*, $C^{10}H^{18}O$.

» Le travail que je me propose d'exposer a porté sur quatre essences originaires du midi de la France et extraites aux divers stades du développement de la plante ([2]).

» Une première essence a été retirée de plantes portant des grappes florales, mais avant l'apparition des boutons (rendement 0,1515 pour 100). Après la formation des boutons, on a distillé séparément, d'une part les tiges portant des feuilles, mais débarrassées des inflorescences (rendement 0,1239 pour 100), d'autre part les inflorescences seules (rendement 0,2829 pour 100). Enfin, le 7 août, au moment où les plantes étaient complètement développées et fleuries, on a préparé un quatrième échantillon d'huile essentielle (rendement 0,1960 pour 100).

» Dans l'intervalle, l'inflorescence d'un grand nombre de plantes avait été modifiée par une piqûre d'insecte, ainsi que je l'ai indiqué il y a deux ans (*Bull. Soc. chim.*, 3e série, t. XIX, p. 117). Pour écarter toute cause accidentelle de métamorphose des principes constitutifs de l'huile essentielle, les tiges modifiées ont été soigneusement écartées.

» Je résume dans le Tableau ci-dessous les résultats de l'étude des quatre produits préparés dans les conditions que je viens d'indiquer.

	Essence extraite avant la formation des boutons.	Essences extraites après la formation des boutons		Essence extraite de plantes en fleurs.
		a feuilles.	*b* inflorescences.	
Densité à 18°	0,9025	0,9016	0,9081	0,9200
Pouvoir rotatoire à 18° ($l = 100^{mm}$)	— 24° 10′	— 26°	— 20° 15′	— 2° 37′
	Pour 100.	Pour 100.	Pour 100.	Pour 100.
Éthers du menthol (calculés en acétate de menthyle)	3,7	10,3	7,5	10,7
Menthol combiné	2,9	8,1	5,9	8,4
Menthol libre	44,3	42,2	29,9	32,1
Menthol total	47,2	50,3	35,8	40,5
Menthone	5,2	4,2	16,7	10,2

([1]) Travail fait au laboratoire de Chimie organique de la Sorbonne.

([2]) Ces produits m'ont été offerts par M. Jeancard, ingénieur des arts et manufactures, à qui je suis heureux d'adresser mes meilleurs remercîments.

» Si, au second stade du développement, les plantes avaient été distillées sans séparer les inflorescences, l'huile essentielle, ainsi que l'indique le calcul, aurait renfermé 9,6 pour 100 d'éthers, c'est-à-dire 7,6 pour 100 de menthol combiné, 39 pour 100 de menthol libre, 46,6 pour 100 de menthol total et 7,5 pour 100 de menthone.

» En résumé, au début de la végétation de la menthe, l'essence est riche en menthol, mais une faible proportion de cet alcool se trouve à l'état combiné; la menthone n'y existe encore qu'en petite quantité. *Au fur et à mesure que les parties vertes se développent, la proportion d'alcool combiné augmente*, comme je l'ai déjà indiqué pour d'autres alcools et comme j'aurai l'occasion de le faire remarquer plus tard dans différents cas encore.

» Cet enrichissement de l'essence en éthers n'a lieu, en réalité, que dans les feuilles. Au contraire, *lorsque l'huile essentielle, accomplissant son évolution, émigre vers les sommités fleuries, elle devient plus pauvre en éthers*. Toutefois, le résultat se traduit finalement, dans l'ensemble de l'essence contenue dans le végétal, par une augmentation de la teneur totale en éthers, à cause du développement relativement considérable que prennent les parties vertes.

» *La proportion de menthone, très faible au début de la formation des grappes florales, augmente constamment pendant le développement de celles-ci, en même temps que diminue la richesse en menthol total.* Ainsi, l'essence extraite de plantes systématiquement privées de leurs inflorescences ne renferme qu'une faible quantité de menthone, mais elle est très riche en menthol libre et en éthers. Au contraire, l'essence préparée au moyen des grappes florales, même jeunes, contient une proportion notable de menthone et des quantités relativement faibles de menthol libre et d'éthers.

» En un mot, la formation des éthers du menthol a pour siège les parties vertes de la plante, tandis que la menthone prend plus spécialement naissance dans la fleur. Ce dernier point se trouve, d'ailleurs, corroboré par un fait que j'ai signalé en 1898, à savoir : si la menthe poivrée se trouve modifiée par une piqûre d'insecte de façon à subir une sorte de castration, on voit disparaître, en même temps que les fleurs, la majeure partie de la menthone.

» On voit que le menthol, ayant pris naissance pendant la formation des parties vertes de la plante, s'éthérifie partiellement dans les feuilles, l'éthérification se manifestant ici encore comme une conséquence du phénomène de chlorovaporisation. Ensuite, lorsque les grappes florales se forment, une certaine quantité d'essence s'y accumule et le menthol, tant à l'état libre qu'à l'état combiné, s'y convertit en menthone par oxydation.

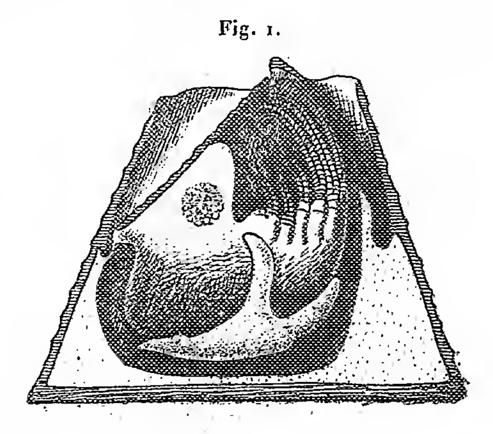
» Ces conclusions concordent parfaitement avec les récentes et fort intéressantes études de M. Curtel (*Ann. des Sciences naturelles*, 8e série, t. VI, p. 221 : *Bot.*) sur la Physiologie de la fleur. »

ZOOLOGIE. — *Sur un Épicaride nouveau, le* Crinoniscus equitans [1]. Note de M. CH. PÉREZ, présentée par M. Edmond Perrier.

« J'ai découvert en septembre dernier aux environs du Royan (embouchure de la Gironde) un Épicaride nouveau, parasite de *Balanus perforatus* Bruguière, auquel je donne le nom de *Crinoniscus equitans* (n. g.; n. sp.)

» La femelle adulte est un des types les plus curieux de ce groupe d'Isopodes parasites, déjà riche en formes étranges. Elle est uniquement constituée par un sac chitineux, hyalin et turgescent, en forme d'étoile à quatre branches, dont l'aspect rappelle un peu celui d'une fleur de lis héraldique, longue de 5^{mm} à 7^{mm}. Unique dans chaque Balane infestée, le parasite femelle occupe toujours par rapport à l'hôte une position fixe et parfaitement déterminée : il est cramponné à sa face dorsale comme une serre d'oiseau de proie (*fig.* 1). Le plan de symétrie de la Balane et celui de

Fig. 1.



l'étoile coïncident; ce plan représente le plan de symétrie de l'Isopode primitif, et, comme le montrent les vestiges perceptibles de l'organisation interne, l'orientation du parasite est exactement la même que celle de l'hôte : c'est la face ventrale de l'Isopode qui s'applique sur la face dorsale du Cirripède, et les extrémités antérieure et postérieure des deux Crustacés sont respectivement dirigées dans le même sens.

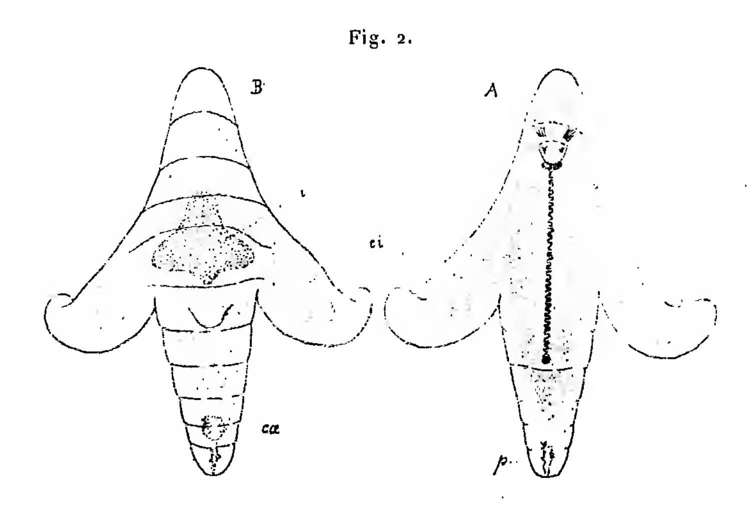
» La face dorsale présente des constrictions plus ou moins accusées, ou tout au moins des lignes marquant les limites des segments primitifs. En général chez les fe-

---

[1] Travail du Laboratoire de Zoologie de l'École Normale supérieure.

melles adultes, on ne peut distinguer une segmentation que dans la région postérieure. Dans un exemplaire cependant (*fig.* 2, B) les lignes de séparation sont visibles jusque dans la région antérieure. Chez le vivant, on voit battre, sous les deux avant-derniers segments, un cœur réduit à une petite vésicule contractile à parois extrêmement minces et d'où ne part aucune artère (*fig.* 2, B, *cœ*).

Fig. 2.



» La face ventrale (*fig.* 2, A) présente, vers son quart antérieur, la tête, légèrement saillante et réfléchie en avant; on n'y distingue plus aucun autre organe que deux amas pigmentaires, vestiges des yeux. La ligne médiane ventrale est occupée par un raphé sinueux, se terminant juste en arrière de la tête à un orifice en forme de croissant, et postérieurement, dans le deuxième segment qui suit les expansions latérales du corps, à un second orifice ovale. Ces orifices servent respectivement à l'entrée et à la sortie du courant d'eau traversant la cavité incubatrice. Celle-ci remplit presque entièrement l'espace compris à l'intérieur des téguments (*fig* 2, *ci*); tout porte à croire qu'elle est formée par un reploiement ventral des bords des segments thoraciques, et que le raphé représente la sature ou mieux la ligne d'engrènement déhiscente de ces bords finement festonnés.

» Dorsalement par rapport à la cavité incubatrice on trouve les vestiges de l'intestin moyen (*fig.* 2, B, *i*) et à l'extrémité postérieure ceux du proctodœum (*fig.* 2, *p*).

» Les œufs sphériques, chargés de vitellus, ont 140 μ de diamètre. Le développement, qui a lieu dans la cavité incubatrice, paraît être celui d'un Isopode typique, et conduit à une première larve libre, aveugle, qui ressemble beaucoup à celle de l'*Hemioniscus balani* Buchholz et du *Podascon Chevreuxi* Giard et Bonnier. Les antennes sont terminées par deux longues soies plumeuses. Les six péréiopodes sont construits sur le même type, le propodite étant dilaté en une main, dont le bord porte deux soies en éventail, sur lesquelles se ferme un dactylopodite eu griffe. Les cinq pléopodes sont semblables entre eux, biramés. Je mentionnerai enfin la présence d'un tube anal, et le grand développement des uropodes, qui longs, avec leurs soies, de 180 μ, le sont presque autant que tout le reste du corps.

» Le mâle présente la forme cryptoniscienne typique : petit Isopode long de 1100 μ, large de 450 μ, libre, très agile, à yeux latéraux bien développés, à antenne de neuf articles. Les deux premiers péréiopodes sont trapus et ramenés sous le thorax; les cinq suivants sont des pattes ambulatoires déliées; les cinq pléopodes sont biramés.

» Une particularité qui mérite d'être signalée est que la lame basilaire de l'antennule présente en arrière un bord dépourvu de dents; les épaulettes coxales en sont également dépourvues.

» Chez un de ces mâles j'ai observé du côté antéro-interne de chaque testicule l'ébauche d'un organe que la comparaison avec les coupes d'*Hemioniscus*, que MM. Mesnil et Caullery ont eu l'amabilité de me communiquer, indique nettement comme le début d'un ovaire. Je crois donc, sans avoir suivi comme ces auteurs la métamorphose complète, pouvoir conclure à l'hermaphrodisme protandrique.

» J'ai observé dans la même localité l'*Hemioniscus balani* Buchholz parasite du *Balanus balanoïdes* Linné et un *Hemioniscus* grégaire, parasite du *Balanus improvisus* Darwin qui paraît être une espèce nouvelle.

» Un travail plus étendu sur ces Epicarides paraîtra très prochainement. »

BOTANIQUE. — *Développement des azygospores d'*Entomophthora. Note de M. **Paul Vuillemin**, présentée par M. Guignard.

« Chez plusieurs espèces d'Entomophthorées où l'œuf est inconnu, il est admis que certains organes conservateurs asexués en tiennent la place. Le nom d'*azygospores* qu'on leur attribue fait songer à des organes sexuels supprimés, à un phénomène d'apogamie. Cette opinion n'est appuyée jusqu'ici que sur des analogies superficielles de forme et de fonction. La structure et le développement des azygospores sont inconnus.

» M. Cavara, dans ses importantes observations cytologiques sur les Entomophthorées (*Nuovo Giornale botanico italiano*, octobre 1899), nous fournit pourtant un renseignement important, mais dont la valeur restait incertaine, car la jeunesse des organes observés laissait des doutes sur leurs fonctions.

» L'*Entomophthora Delpiniana*, étudié par M. Cavara, est très voisin de l'*E. glœospora*. Comme l'espèce que j'ai décrite en 1887, il offre d'énormes noyaux, isolés dans les conidies. Dans certaines préparations, beaucoup

d'hyphes renflent leur extrémité en une volumineuse ampoule piriforme qui s'isole par une cloison. Le noyau, d'abord unique, se divise plusieurs fois. L'auteur a vu le nombre des noyaux s'élever à huit et suppose qu'il pourrait s'en former davantage; mais il n'a pas suivi le développement ultérieur; les ampoules les plus âgées avaient gardé une membrane mince. M. Cavara en conclut qu'il s'agit d'une formation d'azygospores frappées, soit de dégénérescence, soit d'un arrêt de développement.

» Mes recherches personnelles sur l'*E. glœospora* me permettent de confirmer l'interprétation proposée par M. Cavara. Les organes qu'il décrit sont effectivement des azygospores jeunes. Celles de l'*E. glœospora* débutent de la même façon, puis continuent leur évolution d'une manière qui me paraît digne d'attention.

» L'*Entomophthora glœospora* abonde, pendant certains automnes, sur les *Mycetophila* fixés aux Champignons les plus divers (*Tricholoma, Lactarius, Russula,* etc.). En 1894, j'ai trouvé abondamment les azygospores de ce parasite dans des conditions qui permettent d'en suivre aisément le développement.

» Tandis que les filaments qui s'échappent des articulations du corps de l'insecte se couvrent de conidies, ceux qui s'engagent dans les pattes donnent des spores durables dans la gaine étroite et rigide formée par le tégument chitineux. Si l'on détache un article d'une patte d'un *Mycetophila* tué par l'*Entomophthora,* on a parfois la chance de trouver des spores tarichiales mûres entassées au sommet, et toute la série des formes plus jeunes échelonnée jusqu'à la racine du membre. A ce même point se détachent librement des filaments porteurs de conidies. L'influence du milieu sur la substitution des azygospores aux spores aériennes se révèle ainsi d'une façon frappante.

» Les tubes engagés dans les pattes émettent de courtes ramifications qui se renflent aussitôt; ils se dilatent aussi sur leur trajet même. Exceptionnellement, deux renflements se suivent de si près que les cavités de deux azygospores se confondent; l'une d'elles reste généralement petite, mais de même structure que l'autre. Les azygospores sont terminales, latérales ou intercalaires. Les restes non transformés des filaments disparaissent à la longue.

» L'ampoule se dilate et atteint rapidement sa taille définitive. Alors seulement, ou vers la fin de la période d'expansion, le noyau se divise. Les bipartitions répétées donnent jusqu'à 16 noyaux. Ce nombre, que je n'ai pas vu dépasser, paraît être le terme normal de la division. Certaines partitions peuvent manquer et le nombre maximum tombe à 15, 14, 12 et même moins. Jusque-là, la membrane est restée mince, semblable à celle des filaments végétatifs.

» Le phénomène inverse s'accomplit par le rapprochement des noyaux et leur fusion deux à deux. Le nombre diminue progressivement suivant ce procédé à mesure que l'endospore s'épaissit.

» L'épaisseur de la membrane, qui était de $0^{\mu},5$ environ dans une ampoule à 16 noyaux, atteint $0^{\mu},75$ dans une ampoule à 10 noyaux dont la plupart rapprochés par

paires; elle dépasse 1^{μ} dans une ampoule à 8 noyaux; elle a $1^{\mu},6$ dans une ampoule à 4 noyaux, $2^{\mu},8$ dans une autre à 3 noyaux. L'épaississement s'accélère avec les dernières fusions. L'épaisseur définitive de 4^{μ} à $5^{\mu},6$ est réalisée quand il reste deux noyaux. Pendant toute la série des divisions et des fusions, les noyaux n'ont pas beaucoup varié de volume : les diamètres de $3^{\mu},5$ à 5^{μ} s'observent à tous les stades. Pourtant les deux derniers noyaux sont plus volumineux que les autres et diffèrent sensiblement l'un de l'autre, bien qu'ils soient également nucléolés et également chromatiques. L'un s'aplatit contre la membrane en un fuseau long de 9^{μ} à 12^{μ}, épais de $2^{\mu},5$ à $2^{\mu},8$; l'autre, resté sphérique ou un peu elliptique, mesure $5^{\mu},5$ à 7^{μ}.

» Ce stade paraît durer assez longtemps, si l'on en juge à la fréquence des azygospores à deux noyaux. A la maturité, on ne voit plus qu'un noyau. Les deux derniers se sont sans doute fusionnés à leur tour, car je les ai vus une fois étroitement accolés.

» En même temps la membrane, sans s'épaissir davantage, devient plus imperméable et ne laisse plus pénétrer les réactifs colorants. Dans le stade à noyau unique, j'ai vu une seule fois cet organe coloré au vert de méthyle, mais il reste facilement reconnaissable à sa situation, à sa forme et à sa structure.

» L'azygospore mûre est sphérique, incolore; rarement un mamelon saillant occupe le point d'insertion; l'épispore mince est bien distincte de l'endospore d'aspect cartilagineux. Le protoplasme, refoulé à la périphérie, se compose d'îlots réguliers bombés vers l'intérieur, simulant une mosaïque ou une assise de cellules sans noyau. Le noyau fusiforme est couché dans ce cytoplasme. L'intérieur est rempli de grosses gouttes d'aspect huileux.

» Dans un article de patte de *Mycetophila* contenant 56 azygospores, les 8 premières avaient de 9 à 16 noyaux, les 4 suivantes 9, les 3 suivantes 5 et 4; la seizième et la dix-huitième avaient 2 et 3 noyaux bien colorés comme les précédentes. Toutes les autres étaient mûres. J'ai observé dans d'autres articles une succession analogue.

» Cette évolution ne saurait être directement assimilée aux phénomènes sexuels; pourtant l'idée d'apogamie se concilie avec elle. L'apparition d'un élément multinucléé chez une espèce où, pendant le reste de l'existence, les noyaux restent écartés dans des domaines propres, malgré l'absence de cloisons régulières, pourra être interprétée dans le sens d'un indice atavique; si on lui attribue cette signification, elle est de nature à montrer que l'état multinucléé des *Empusa* est antérieur à l'état uninucléé de certains *Entomophthora* et des *Basidiobolus*, et que les Entomophthorées sont plutôt un groupe dérivé des Phycomycètes qu'un type initial. »

PHYSIOLOGIE. — *Rapport entre la variation d'excitation des nerfs et la variation de densité des courants excitateurs à différents potentiels.* Note de M. **Stéphane Leduc**, présentée par M. d'Arsonval.

« Les expériences décrites à la fin de cette Note établissent que, *pour une même variation de densité du courant excitateur dans le nerf, la variation*

correspondante de l'excitation (augmentation ou diminution) *est d'autant plus grande qu'elle s'effectue sous une tension plus élevée, d'autant moindre que le courant excitateur a une tension plus faible.*

» Cette constatation explique quelques-uns des phénomènes observés en excitant les nerfs de l'homme avec les courants électriques; elle révèle les relations de ces phénomènes entre eux; elle donne aux médecins des raisons scientifiques pour choisir le courant à employer suivant le but à atteindre.

» Les courants électriques pénétrant dans les tissus suivant les mêmes lois subissent, pour les mêmes profondeurs, les mêmes diminutions de densité. Puisque l'expérience nous révèle que, pour une même diminution de la densité, l'excitation produite par les courants de tension élevée (courants induits) diminue beaucoup plus que celle exercée par les courants de basse tension (courants voltaïques), nous n'avons plus besoin, pour expliquer l'inexcitabilité par les courants induits des nerfs profondément situés, comme les nerfs optiques et acoustiques, de supposer que ces courants pénètrent moins profondément que les courants voltaïques, ce qui impliquerait l'hypothèse de la propagation de chacun de ces courants suivant des lois différentes.

» Les excitations électriques, en pénétrant dans les tissus, s'affaiblissant d'autant moins que le courant excitateur a un plus faible potentiel, on devra pratiquer les excitations sous une tension d'autant moindre que l'on voudra agir plus profondément.

» Puisque, en pénétrant dans les tissus, les excitations s'affaiblissent d'autant plus rapidement et s'éteignent d'autant plus vite qu'elles se font sous un plus haut potentiel, on localisera d'autant mieux les excitations que l'on excitera les nerfs sous des tensions plus élevées.

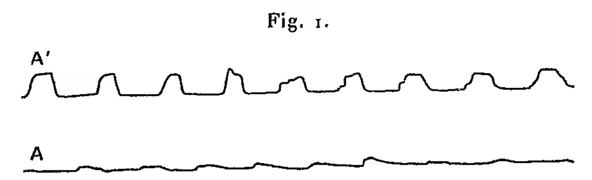
» Les excitations électriques, en pénétrant dans les tissus, s'affaiblissant d'autant plus qu'elles s'effectuent à une tension plus forte, pour exercer à la même profondeur le même degré d'excitation il faut produire à la surface une excitation d'autant plus vive que le courant aura lui-même une tension plus élevée. Les nerfs profonds s'excitent donc avec une sensation d'autant plus faible que le courant excitateur a lui-même une plus faible tension.

» Expériences. — Nous choisissons deux courants de tensions différentes, excitant également le nerf; par deux méthodes différentes nous faisons varier, de la même quantité, la densité du courant dans le nerf; nous apprécions par les contractions musculaires produites les variations d'excitation.

» Nous avons fait un grand nombre d'expériences par chacune des deux méthodes; les résultats ont été constants et tellement marqués qu'ils ne peuvent laisser place au doute dans leur interprétation.

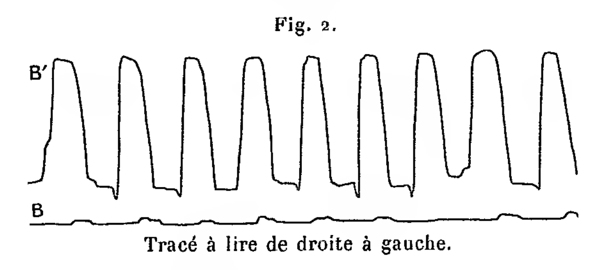
» *Première méthode.* — Nous prenons un courant voltaïque interrompu environ quatre-vingts fois par seconde, de façon à exciter les nerfs moteurs avec un potentiel aussi bas que possible. L'expérience est faite sur l'homme. Une grande électrode indifférente est placée loin du nerf à exciter; une électrode active, circulaire, de 8^{cm} de diamètre, est placée sur le nerf à exciter; le courant passe toutes les deux secondes et est réglé de façon à produire dans les muscles les contractions minima donnant le tracé A de la *fig.* 1. Sans rien changer dans le circuit, l'électrode de 8^{cm} est remplacée

Fig. 1.



par une électrode de 4^{cm} de diamètre; ce qui, malgré la diminution d'intensité résultant de la résistance plus grande, augmente notablement la densité du courant dans le nerf; les contractions musculaires sont alors plus fortes, ainsi que le montre le tracé A'. On prend ensuite un courant induit donné par une bobine à fil fin; on dispose l'expérience comme elle l'était pour le tracé A, c'est-à-dire avec une électrode active de 8^{cm} de diamètre, et l'on règle le courant de façon à obtenir les contractions enregistrées par le tracé B (*fig.* 2). On remplace l'électrode de 8^{cm} par une électrode de 4^{cm} de dia-

Fig. 2.



Tracé à lire de droite à gauche.

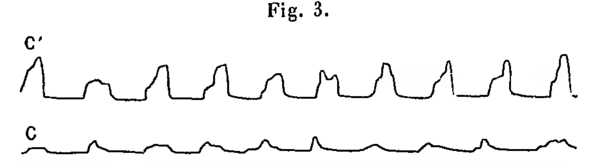
mètre, de façon à faire subir à la densité du courant dans le nerf exactement la même augmentation qu'entre les expériences A et A', et la courbe B' est le tracé des contractions musculaires alors obtenues. Le raccourcissement du muscle atteint son maximum, l'excitation est devenue très vive, à peine supportable.

» La comparaison des tracés B' et A' montre bien que, *pour une même variation de la densité dans le nerf, l'excitation subit une variation bien plus grande pour le courant à potentiel élevé que pour le courant à faible potentiel.*

» *Seconde méthode.* — Nous prenons un appareil d'induction dont l'interrupteur est animé par un courant indépendant. Une électrode active circulaire de 0^{m},04 de diamètre est placée sur le nerf. Une résistance est placée dans le circuit inducteur; puis, employant la bobine à gros fil, on règle sa distance de façon à obtenir les contractions musculaires donnant le tracé C (*fig.* 3); sans modifier d'autre part l'expé-

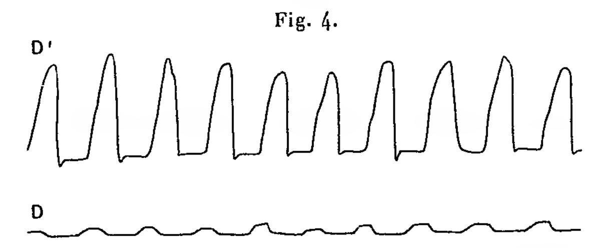
rience, on supprime la résistance du circuit inducteur, on obtient alors les contractions plus amples enregistrées par la courbe C'. La même expérience, faite avec la bobine à

Fig. 3.



fil fin, donne les contractions enregistrées par les tracés D et D' (*fig.* 4). La comparaison des courbes D' et C' montre bien que *la variation de l'excitation, correspon-*

Fig. 4.



dant à une même variation d'intensité et par suite de densité, est plus grande lorsque l'excitation se fait à un potentiel plus élevé. »

PHYSIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Le quotient de la fatigue* $\frac{H}{N}$ [1]. Note de Mlle **J. Joteyko**, présentée par M. Marey.

« Hoch et Kraepelin ont montré que le rapport des deux facteurs constituants de la courbe ergographique (hauteur totale des soulèvements exprimée en centimètres et nombre de soulèvements) était constant pour chaque individu; ces auteurs ont rattaché la hauteur totale de soulèvements au travail des muscles, leur nombre au travail des centres moteurs cérébraux.

» Appelons ce rapport *quotient de la fatigue* $\left(\frac{H}{N}\right)$ et examinons les variations qu'il subit sous l'influence de la fatigue même. On sait que les effets de la fatigue s'accumulent quand on exécute une nouvelle courbe avant que la fatigue résultant de la courbe précédente ne se soit complètement dissipée. Aux dépens de quel facteur se fait l'accumulation de la fatigue?

(1) Travail du laboratoire Kasimir (Psychologie expérimentale) de l'Université de Bruxelles.

» Voici les résultats généraux de mes expériences faites sur neuf sujets :

» 1° Le temps de repos (cinq ou dix minutes) entre les courbes étant insuffisant pour la restauration complète, le sujet fournit chaque fois un travail mécanique moindre; dans la deuxième courbe, il ne récupère que les deux tiers de sa force primitive; dans la troisième courbe, il ne récupère que la moitié (moyenne). Cette diminution de travail mécanique se fait aux dépens des deux facteurs constituants de la courbe, mais en grande partie aux dépens de la hauteur. *A chaque nouvelle courbe, la valeur du quotient de la fatigue* $\left(\frac{H}{N}\right)$ *diminue*, ce qui signifie que la diminution de hauteur ne suit pas une marche parallèle à la diminution du nombre, mais que la diminution de hauteur est plus marquée.

» 2° Dans certains cas, où le repos de dix minutes a été suffisant pour faire disparaître toute trace de fatigue antérieure, quand il y avait par conséquent égalité du travail mécanique des deux courbes, il y avait en même temps égalité presque mathématique des deux facteurs de la fatigue.

» 3° Dans certains cas, où, après un repos de dix minutes, la deuxième courbe a présenté une valeur légèrement supérieure au point de vue du rendement par rapport à la première courbe (excitation et non fatigue), on a pu constater une légère augmentation de la valeur du deuxième facteur, ce qui revient à dire que le nombre de soulèvements s'était un peu accru.

» 4° Nous sommes donc en présence de trois cas possibles qu'il s'agit maintenant d'interpréter : *a*. Si la restauration de la fatigue est complète, le quotient de la fatigue ne varie pas. *b*. S'il y a accumulation de la fatigue, le quotient diminue. *c*. S'il y a excitation, le quotient augmente.

» J'ai eu recours aux mesures dynamométriques pour démontrer que le nombre de soulèvements est fonction du travail des centres psycho-moteurs, et cette démonstration vient confirmer l'hypothèse de Hoch et Kraepelin. On peut admettre que la valeur de l'effort dynamométrique déployé par la main gauche, qui n'a pas travaillé à l'ergographe, peut servir de mesure à l'état de repos, de fatigue ou d'excitation des centres moteurs cérébraux, état déterminé par l'accomplissement du travail ergographique avec l'autre main.

» Chez sept sujets nous voyons, d'une part la force au dynamomètre (main gauche) diminuer légèrement (perte de 20 pour 100 de la force) après une ou deux épreuves ergographiques accomplies avec la main droite, preuve de l'entrée en jeu d'un certain degré de fatigue des centres nerveux volontaires, et en même temps nous voyons également diminuer dans une faible mesure le nombre de soulèvements. Il y a parallélisme presque complet entre la décroissance de ces deux valeurs : pression dynamométrique de la main qui n'a pas travaillé et nombre de soulèvements à l'ergographe de l'autre main.

» Chez deux sujets, le travail ergographique a été incapable de déterminer des effets de fatigue appréciable des centres nerveux; le dynamomètre a accusé une excitation des centres nerveux et le nombre de soulèvements du deuxième tracé a été trouvé supérieur à celui du premier.

» 5° Dans les expériences où l'excitation des centres nerveux s'est manifestée par des effets dynamogènes ainsi que par un accroissement du nombre de soulèvements du deuxième tracé, la fatigue ergographique était exclusivement due à un épuisement d'ordre périphérique. Dans les autres expériences, le dynamomètre a accusé une diminution de l'énergie motrice des centres nerveux, et il y a eu en même temps légère diminution du nombre de soulèvements du deuxième tracé. Mais cette diminution du nombre, attribuable à la fatigue des centres psycho-moteurs, n'entre que pour une très faible part dans les phénomènes de fatigue ergographique. Les centres psycho-moteurs ne sont pas infatigables, mais ils sont incomparablement plus résistants à la fatigue que les appareils terminaux.

» 6° Au point de vue de la résistance à la fatigue, les sujets peuvent être classés en plusieurs catégories, en prenant comme mesure, soit le quotient de la fatigue dans les courbes successives, soit les évaluations dynamométriques fournies par la main qui est demeurée au repos. »

PHYSIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Nouvelle méthode pour la mesure de l'acuité auditive pour l'intensité des sons* (1). Note de MM. **Ed. Toulouse** et **N. Vaschide**, présentée par M. Marey.

« Deux sortes d'inconvénients sont présentés par la plupart des acoumètres connus (diapason et tiges vibrantes). Les uns tiennent à ce que la matière ou la forme des corps vibrants n'est pas nettement définie, ainsi que le prouve la difficulté de faire deux diapasons de sonorité semblable. Les autres tiennent à ce que la force vive (chocs, courants électriques) qui les actionne n'est pas exactement mesurable.

» D'autres acoumètres consistent en des plaques vibrant par le choc de corps, dont la hauteur de chute mesure l'intensité du son. Le principe de ces appareils est bon, parce que les conditions plus simples de l'expérience peuvent être plus exactement définies. Aussi l'avons-nous adopté; mais nous avons remplacé par des gouttes d'eau distillées les sphères de liège, corps non défini, et les sphères métalliques qu'il est, en pratique, difficile de faire tomber à des intervalles courts et réguliers.

» Notre méthode consiste donc à faire entendre, par un sujet placé à une distance fixe, des bruits d'intensités progressives, déterminés par la chute de gouttes d'eau distillée d'un poids constant et tombant de hauteurs croissantes sur un corps métallique défini. De la sorte, les conditions du

(1) Travail du laboratoire de M. Toulouse à l'asile de Villejuif.

phénomène sont exactement déterminées; et les mesures, prises par des observateurs différents, seront comparables entre elles.

» Notre acoumètre se compose d'un flacon rempli d'eau distillée donnant, par un robinet convenablement réglé, des gouttes dont chacune pèse $0^{gr},10$; la hauteur de l'eau au-dessus du robinet, c'est-à-dire la pression, restant constante pendant la durée de l'expérience. Les gouttes tombent sur le centre d'un disque en aluminium d'un diamètre de $0^{m},10$ et d'une épaisseur de $0^{mm},1$. Nous avons choisi ce métal qui ne s'oxyde pas et est suffisamment vibrant. Pour que les gouttes en s'accumulant ne diminuent pas le bruit de la vibration, le disque est maintenue incliné à 20°. Cette plaque vibrante donne en moyenne, pour une goutte d'eau tombant d'une hauteur variant de $0^{m},10$ à 1^{m}, quarante vibrations simples par seconde, ainsi que nous avons pu le vérifier en les inscrivant directement sur un cylindre enregistreur.

» Il faut opérer dans le silence. Le sujet a les yeux bandés et son oreille est éloignée de $0^{m},20$ du centre de la plaque vibrante. Le robinet étant et restant ouvert, on fait tomber les gouttes d'une hauteur de $0^{m},01$. A cette distance, elle n'éveille aucun bruit perceptible. On augmente peu à peu, en montant le réservoir mobile sur une crémaillère, augmentant ainsi la hauteur de la chute jusqu'à ce que le sujet accuse une sensation auditive, et l'on recommence dix fois pour avoir une moyenne donnant le minimum de la sensation. Avec une éponge rapprochée du robinet, on recueille sans bruit la goutte quand on veut faire la contre-épreuve et rechercher si le sujet croit ou dit entendre un bruit alors qu'il ne s'en produit pas. »

PHYSIOLOGIE. — *Sur les asymétries normales des organes binaires chez l'homme.* Note de M. **P. Godin**, présentée par M. Marey.

« On a quelquefois parlé des asymétries que peuvent présenter les organes pairs chez l'homme normalement conformé; on n'a jamais, que je sache, appliqué à leur détermination une méthode rigoureuse. J'ai eu recours à celle qui m'a été enseignée en 1893-1894 par M. Manouvrier; je l'ai étendue aux deux côtés du corps sur 200 jeunes hommes; voici les différences qu'elle a permis d'établir entre le côté droit et le côté gauche :

» **1.** Le membre supérieur droit est plus gros que le gauche, de $0^{cm},5$.

» **2.** Pour les membres pelviens, c'est, au contraire, le gauche qui l'emporte sur le droit; la différence est de $0^{cm},5$, et elle s'affirme au niveau du mollet.

» **3.** La suractivité fonctionnelle est donc croisée. La nutrition plus active qu'elle entraîne doit avoir autant d'influence sur l'allongement des membres qui en sont le siège que sur leur augmentation de volume. C'est, en effet, ce qui a lieu.

» Le membre supérieur droit moins la main (humérus et radius) est plus long que le gauche de 1cm.

» Le membre inférieur gauche moins la hauteur du pied (fémur et tibia) est plus long que le droit de 1cm. Ces différences de longueur se retrouvent pour une part proportionnelle dans les segments des membres.

» 4. Les gauchers observés constituent un contrôle de valeur; chez un grand nombre, la supériorité de volume et de longueur reste croisée, mais en sens inverse.

» 5. La plus grande longueur du membre inférieur gauche chez les droitiers relève tout le côté correspondant du tronc : l'épine iliaque gauche plus haute de 1cm révèle l'inclinaison du bassin. Il en est de même de la ceinture thoracique, dont l'extrémité scapulaire gauche domine la droite de 1cm en moyenne.

» 6. Le mollet gauche, qui est le plus volumineux, est aussi plus bas que le droit de près de 1cm.

» 7. Les oreilles offrent également une notable et presque constante asymétrie : en mesurant leur grand axe vertical, on trouve 0cm,5 de plus en faveur de l'oreille gauche. »

CHIMIE ANIMALE. — *Sur la composition et la valeur alimentaire des mammifères, des oiseaux et des reptiles.* Note de M. **Balland**. (Extrait.)

« Les analyses de viandes de boucherie publiées par les divers auteurs présentent des écarts qui s'expliquent par l'impossibilité où l'on se trouve d'avoir, non seulement pour des animaux d'âge et de race semblables, mais aussi pour le même animal, des morceaux représentant une composition moyenne. Pour les recherches dont cette Communication donne les résultats on a opéré sur des morceaux présentant, autant que possible, les conditions habituelles des usages culinaires.

» La chair des quatre quartiers des principaux mammifères concourant à l'alimentation [âne, cheval (1), mulet, bœuf, veau, chevreau, lapin, mouton et porc] a donné, les couches de graisse étant écartées, 70 à 78 pour 100 d'eau; 0,50 à 1,25 pour 100 de matières minérales; 1,40 à 11,3 pour 100 de graisse et 3 à 3,5 pour 100 d'azote (18,75 à 21,87 pour 100 de matières azotées à 16 pour 100 d'azote).

» Le cœur, le foie, les poumons et les rognons contiennent les mêmes quantités d'eau et d'azote que les viandes maigres; la graisse reste au-dessous de 5 pour 100 et les

(1) En 1898, il a été livré à la consommation parisienne 21290 chevaux, 22 mulets et 205 ânes. Le nombre des étaux dans le département de la Seine, où la première boucherie hippophagique n'a été ouverte qu'en 1866, était de 190 au 1er janvier 1898 et de 195 au 1er janvier 1899. Le poids total de la viande vendue en 1898 a été de 4698890kg, supérieur de 67200kg à celui de 1897.

cendres oscillent entre 1 et 1,70 pour 100; il y a des traces de manganèse dans les poumons.

» Dans le sang de bœuf, de veau, de mouton et de porc, il y a jusqu'à 83 pour 100 d'eau, moins de 0,5 pour 100 de cendres, des traces de graisse et autant d'azote que dans les viandes des quatre quartiers, toujours moins hydratées que le sang.

» Les viandes grillées ou rôties renferment, à l'état sec, à peu près les mêmes quantités d'azote, de graisse et de matières salines que les viandes crues, au même état; mais comme, après cuisson, la proportion d'eau tombe à 64 et même à 42 pour 100, suivant l'épaisseur des morceaux et le temps pendant lequel ils ont été exposés au feu, il en résulte que, à poids égal, les viandes grillées ou rôties sont plus riches en principes nutritifs que les viandes crues.

» Les viandes bouillies ou en ragoût, mangées dans les casernes, perdent non seulement de l'eau pendant la cuisson, mais aussi des matières azotées solubles, de la graisse et surtout des matières minérales qui passent dans le bouillon des soupes ou dans les sauces des ragoûts; toutefois, à poids égal, elles sont encore plus nourrissantes que les viandes crues, toujours plus hydratées. C'est ce que montrent les analyses suivantes, faites sur un même quartier de bœuf ayant servi à préparer la soupe grasse dans une caserne [1] :

		Composition pour 100.				
		Eau.	Matières azotées.	Graisse.	Cendres.	Matières extractives et pertes.
Bœuf cru avant la mise à la marmite	à l'état normal ...	74,50	21,67	1,37	1,07	1,39
	à l'état sec	0,00	84,98	5,36	4,20	5,46
Bœuf bouilli au sortir de la marmite	à l'état normal ...	56,90	35,28	2,09	0,90	4,83
	à l'état sec	0,00	81,86	4,84	2,10	11,20

» La chair des oiseaux (canard, oie, poulet) contient les mêmes éléments nutritifs

(1) D'après les expériences de M. Goubaux [*Des pertes de poids qu'éprouvent, sous l'influence de la cuisson, les viandes qui servent d'ordinaire à l'alimentation de l'homme* (*Mémoires publiés par la Société nationale d'Agriculture*, t. CXXX, p. 231-281; 1886)], la viande de bœuf désossée perdrait à la marmite 29,6 pour 100 au maximum et 11,6 au minimum.

On voit, par nos analyses, que cette perte, variant suivant l'état d'engraissement des animaux, porte presque entièrement sur l'eau : la viande bouillie, de même que la croûte du pain par rapport à la mie (*Comptes rendus*, t. CXV, p. 665), renferme donc plus d'éléments nutritifs que la viande crue.

Les matières azotées (albumine, gélatine, créatine, etc.) ont été obtenues en multipliant le poids de l'azote total par le même coefficient 6,25, comme si leur teneur en azote était, pour toutes, de 16 pour 100. La différence entre le poids de la viande et le poids des éléments dosés (eau, cendres, graisse, matière azotée à 16 pour 100 d'azote) représente les pertes et les matières non dosées (glycogène, sucre, etc.) que nous désignons sous le nom de *matières extractives*.

que la chair des mammifères, mais en proportion un peu plus élevée, car la teneur en eau se rapproche de 70 pour 100. La diminution de l'eau, en dehors des faits invoqués plus haut pour les viandes de boucherie, semblerait aussi se rattacher au mode de nourriture : en effet, la chair de petites souris qui ne vivent que d'aliments peu hydratés nous a de même donné moins d'eau que la chair de bœuf. Dans les poulets rôtis, la proportion est assez voisine de 52 pour 100.

» Les œufs de poule méritent une mention spéciale. Le blanc et le jaune, pris séparément, ont une composition très différente : le premier contient 86 pour 100 d'eau avec 12 pour 100 d'albumine et 0,5 de matières minérales; le second, 51 pour 100 d'eau avec 15 pour 100 de matière azotée, le double de graisse et 1,5 de matières minérales. L'œuf, dans son ensemble, contient 75 pour 100 d'eau; il fournit donc à l'alimentation 25 pour 100 de substances nutritives. Deux œufs, sans les coquilles, pesant en moyenne 100^{gr}, il en résulte que 20 œufs représentent assez exactement la valeur alimentaire de 1^{kg} de viande. Une poule, en quelques jours, fournit ainsi son poids de substances alimentaires : c'est une véritable fabrique de produits comestibles et l'on ne saurait trop encourager l'élevage des races de poule les plus estimées comme pondeuses. En 1898, il a été déclaré à l'octroi de Paris 538299120 œufs représentant, à raison de 50^{gr}, 26914956^{kg} de matières alimentaires, soit la quantité de viande, sans les os, fournie par 168200 bœufs de 400^{kg} (1) : les deux tiers des bœufs entrés à Paris en 1898.

» La chair de grenouille présente exactement en eau et en matières nutritives la composition de la sole ou du brochet (*Comptes rendus*, t. CXXVI, p. 1729). »

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur les oscillations barométriques du* 13 *au* 19 *février* 1900. Note de M. **Joseph Jaubert**, présentée par M. Georges Lemoine.

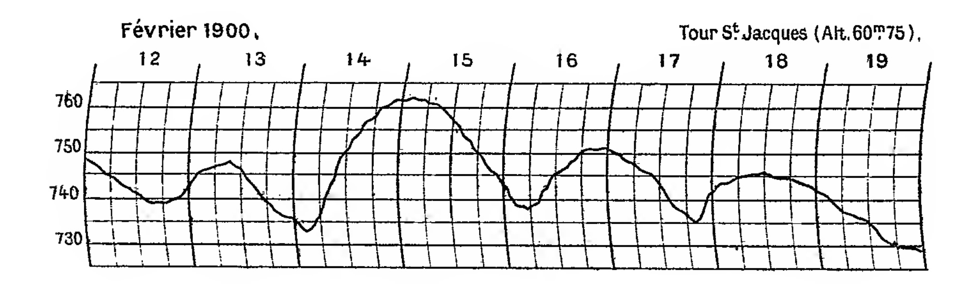
« Depuis le 13 février, les oscillations barométriques observées à Paris sont remarquables à la fois par leur amplitude et leur succession; nous donnons dans le Tableau suivant les mouvements enregistrés à la tour Saint-Jacques (alt. $60^m,75$) depuis le 13.

										Variations.	Durée.
				mm		h m		mm		h m	mm	h m
1900. Février	13.	Baisse	de	747,45	à	9.15	à	735,99	vers	21	11,46	11.45
»	14.	Hausse	de	732,75	à	3.	à	761,40	à	22	28,65	19. 0
»	15.	Baisse	de	761,30	à	6.	à	737,70	à	5.40 le 16	23,60	23.20
»	16.	Hausse	de	737,70	à	5.40	à	751,15	à	22. 5	13,45	16.25
»	16.	Baisse	de	751,15	à	22. 5	à	734,90	à	20.35 le 17	16,25	22.30
»	18.	Baisse	de	745,74	à	midi	à	729,00	à	23.40 le 19 (2)	16,74	35.20

(1) On estime qu'un bœuf sur pied donne environ la moitié de son poids de viande de boucherie et que cette viande contient 20 pour 100 d'os.

(2) Nous avons ajouté ce mouvement qui termine la série, au moment de l'impression de cette Note.

» Des mouvements d'une amplitude aussi considérable sont assez rarement constatés à Paris et ceux que nous connaissons se sont toujours manifestés au cours d'une période de troubles atmosphériques très violents et souvent de longue durée.



» Pendant le relèvement de la pression, le 14, le vent a soufflé en tempête sur Paris; durant toute la nuit, il s'est maintenu à une vitesse moyenne de 15^{m} à 18^{m} par seconde. A la tour Saint-Jacques, l'anémomètre installé à 58^{m} au-dessus du sol a accusé des maxima moyens de 23^{m},4; à Montsouris, à 20^{m} au-dessus du sol, on a constaté un maximum de 33^{m} à minuit 45^{m}. Cette bourrasque, qui a duré environ vingt heures, avait été précédée d'un fort orage; les premiers éclairs aperçus dans la soirée du 13 étaient assez intenses pour éclairer à travers le brouillard qui régnait à ce moment. Sur Paris, il a tonné à 7^{h}18^{m}, 7^{h}30^{m}, 7^{h}35^{m}, 7^{h}38^{m}, et 7^{h}44^{m}.

» La dépression du 19 a été également accompagnée d'un orage. Sur l'ouest de Paris, il a tonné le matin du 19 à 1^{h}58^{m}, 2^{h}4^{m}, 2^{h}6^{m} et 2^{h}14^{m}.

» Les orages d'hiver ont été assez fréquents sur notre région en ces dernières années; ainsi, on a entendu tonner en 1891, les 13 novembre et 7 décembre; en 1892, le 4 décembre; en 1895, le 23 janvier; en 1896, le 29 février; en 1897, le 8 décembre; en 1898, les 2, 3, 7 et 22 février; en 1899, les 2 janvier et 31 décembre; en 1900, les 1er janvier, 13 et 19 février. »

La séance est levée à 4 heures trois quarts.

M. B.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans la séance du 19 février 1900.

Leçons d'Optique géométrique à l'usage des élèves de mathématiques spéciales, par E. Wallon. Paris, Gauthier-Villars, 1900; 1 vol. in-8°. (Présenté par M. Cornu.)

Association française de Chirurgie. Treizième Congrès de Chirurgie. Paris, 1899 : Procès-Verbaux, Mémoires et discussions. Paris, Félix Alcan, 1899; 1 vol. in-8°. (Présenté par M. le Dr Guyon.)

Dix feuilles de diverses Cartes nouvellement publiées par le Service géographique de l'Armée. Balkans : *Athènes*. Asie : *Nankin; Tcheng-te-Fou; Moukden; Vladivostok; îles Riou-Kiou*. Tunisie : *La Chebba; Kerker; Moknine; Environs de Sfax*. (Envoi de M. le Ministre de la Guerre.)

Annuaire de l'observatoire municipal de Paris, dit « Observatoire de Montsouris », pour l'année 1900. Paris, Gauthier-Villars, 1900; 1 vol. in-18.

Société d'encouragement pour l'Industrie nationale. Annuaire pour l'année 1900. Paris, typ. Chamerot et Renouard, 1900; 1 vol. in-16.

Archives de Médecine navale; t. LXXIII, n° 1, janvier 1900. Paris, Octave Doin; 1 fasc. in-8°.

Fallacious objections to rotary engines answered, by James Newlands Miller. Edinburgh; 1 fasc. in-8°. (With the author's compliments.)

Institut solaire international : Le Soleil intérieur. Montevideo, République de l'Uruguay, 1900; 1 fasc. in-8°.

Dietary studies of negroes in Eastern Virginia in 1897 *and* 1898, by H.-B. Frissell and Isabel Bevier. Washington, 1899; 1 fasc. in-8°.

ERRATA.

(Séance du 12 février 1900.)

Note de M. *A. de Gramont*, Sur quelques conséquences des formules du prisme :

Page 404, formule (1), *au lieu de* $\frac{e_{m_1}}{A+D_m}$, *lisez* $\frac{e_m}{A+D_m}$.

Page 405, formule (3), *au lieu de* $\begin{cases} A+D = e+e' \\ A+D_1 = e_1+e'_1 \end{cases}$, *lisez* $\begin{cases} A+D = e+e' \\ A+D_1 = e+e'_1 \end{cases}$.

COMPTES RENDUS

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 26 FÉVRIER 1900,

PRÉSIDÉE PAR M. VAN TIEGHEM.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

OPTIQUE. — *Sur la loi de rotation diurne du champ optique fourni par le sidérostat et l'héliostat.* Note de M. **A. Cornu.**

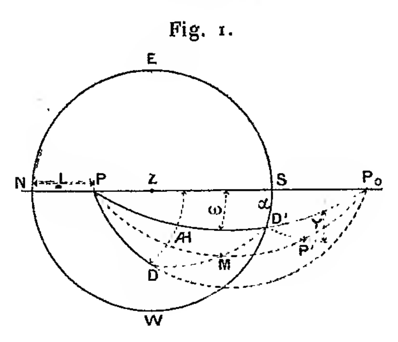
« Les appareils bien connus sous le nom d'*héliostats* et de *sidérostats* permettent d'envoyer dans une direction fixe, à l'aide d'un miroir mobile, le faisceau de lumière émané d'un astre entraîné par le mouvement diurne.

» Si l'on reçoit suivant l'axe principal d'une lunette le faisceau réfléchi par le miroir, l'image focale de l'astre restera immobile au centre du champ de vision, malgré le déplacement angulaire de la voûte céleste. Mais cette condition de fixité, réalisée géométriquement pour l'astre visé, n'est plus remplie pour les directions voisines : on constate aisément que le champ de vision tourne autour de son centre de manière à effectuer en vingt-quatre heures une révolution complète. La vitesse de rotation n'est

pas uniforme, de sorte que le déplacement angulaire du champ varie avec le temps suivant une loi qu'il importe de déterminer.

» Soit NESW le cercle d'horizon réel ou fictif (*fig.* 1), P le pôle céleste, Z le zénith, PZS le méridien du lieu, PD le cercle horaire de l'astre D et D'

Fig. 1.



le point de l'horizon réel ou fictif vers lequel le faisceau réfléchi est constamment dirigé.

» La position de l'astre D est définie à chaque instant par sa distance polaire $\delta = PD$ et son angle horaire $Æ = SPD$ compté positivement dans le sens du mouvement diurne, de l'est E vers l'ouest W. De même, le point D' est déterminé par sa distance polaire $\rho = PD'$ et par l'angle $\omega = SPD'$ que fait le plan PD' avec le méridien. Nous appellerons *plan de référence* ce plan SPD' qui est par extension le cercle horaire du point D'.

» Si, au lieu de ρ et de ω, on se donnait l'azimut $\alpha = SD'$ et l'arc PS, supplément de la latitude L, on calculerait ρ et ω à l'aide des deux relations suivantes fournies par le triangle rectangle PSD' :

$$\cos\rho = \cos\alpha \cos L, \qquad \tang\omega = \frac{\tang\alpha}{\sin L}.$$

Pour que le faisceau émané de l'astre D soit constamment réfléchi en D', il faut et il suffit, d'après les lois de la réflexion, que la trace M de la normale au miroir soit maintenue par le mécanisme au milieu de l'arc de grand cercle DD'. Connaissant à chaque instant la trace M de cette normale, on peut construire la trace de la direction suivant laquelle un rayon émané d'un point quelconque de la voûte céleste est réfléchi par le miroir: il suffit de joindre ce point au point M par un arc de grand cercle et de prolonger cet arc d'une longueur égale. Ainsi l'image P' du pôle P est sur l'arc PM prolongé jusqu'au point P' tel que MP' = MP. L'image sphérique réfléchie des divers points de la voûte céleste est donc à chaque instant symétrique de leur position directe par rapport au point M.

» Il en résulte que l'orientation du champ de vision est entièrement déterminée par la connaissance de l'image réfléchie d'un point quelconque, en dehors de l'astre qui en occupe le centre. Le pôle P, par son immobilité sur la voûte céleste, est particulièrement désigné pour ce but et son image P′ constitue le repère le plus simple et le plus commode.

» On calcule aisément la distance et l'orientation de l'image P′ du pôle, c'est-à-dire la longueur de l'arc D′P′ et l'angle Y que fait cet arc avec le grand cercle $PD'P_0$, trace du *plan de référence*.

» *Sidérostat.* — La *fig.* 1 représente la disposition du faisceau issu de l'astre D et renvoyé par un sidérostat dans une direction horizontale faisant avec le méridien sud un angle α compté positivement vers l'ouest; α est généralement une petite fraction de l'angle droit. Voici les résultats [1] :

» 1° *La distance* D′P′ *de l'image du pôle à l'image de l'astre (centre du champ) est égale à la distance polaire de l'astre visé.* D'où il résulte que *l'image du pôle décrit autour du centre du champ un cercle ayant pour rayon la distance polaire de l'astre visé.*

» 2° *Orientation de l'arc* D′P′. — Soit Y l'angle que l'arc D′P′ fait avec $D'P_0$, prolongation de la trace du plan de référence DP. On démontre aisément que l'angle cherché Y est le supplément des angles à la base du triangle PDD′, dont le sommet est en P : d'où

$$\operatorname{tang}\frac{1}{2}Y = \frac{\cos\frac{1}{2}(\rho+\delta)}{\cos\frac{1}{2}(\rho-\delta)}\operatorname{tang}\frac{1}{2}(Æ-\omega),$$

expression qui donne l'orientation de l'arc D′P′ et, par suite, la loi de la rotation du champ de vision, car Æ varie proportionnellement au temps.

» Si l'on prend pour origine du temps le moment où l'astre visé est dans le plan de référence, $t=0$ pour $Æ-\omega=0$, et pour unité de temps le jour sidéral ou solaire (suivant l'astre considéré), on a $Æ-\omega=2\pi t$ et l'expression de Y prend la forme symétrique

$$\operatorname{tang}\frac{1}{2}Y = K\operatorname{tang}\frac{1}{2}2\pi t \quad \text{avec} \quad K = \frac{\cos\frac{1}{2}(\rho+\delta)}{\cos\frac{1}{2}(\rho-\delta)}.$$

On en conclut aisément :

» *a. La rotation du champ a la même période que le mouvement diurne.*

---

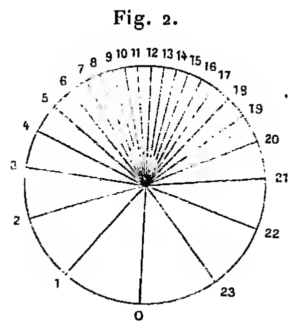
[1] Voir le Mémoire *in extenso* dans le *Bulletin astronomique* (février 1900).

» *b. Elle est continue et toujours dans le même sens, direct ou inverse suivant le signe de* K.

» *c. Le plan de référence est un plan de symétrie,* car l'angle Y prend des valeurs égales et de signe contraire à des époques équidistantes de part et d'autre de l'origine du temps.

» On aura une figuration directe de la rotation du champ en considérant l'arc D'P' comme le rayon vecteur mobile du cercle décrit par l'image P' du pôle et en traçant les positions successives de ce rayon vecteur à des époques équidistantes, subdivisions aliquotes du jour. La *fig.* 2 offre une représentation de ce genre sur le plan tangent à la sphère en D' : les vingt-quatre positions successives de D'P' se projettent suivant des rayons rectilignes; elles correspondent à la subdivision du jour en vingt-quatre heures. L'origine du temps $t = 0$ correspond à $D'P_0$, trace du plan de référence et axe de symétrie.

Fig. 2.



» 3° *Expression de la vitesse angulaire.* — La vitesse angulaire de rotation à l'époque t s'obtient en prenant la dérivée de l'expression de Y par rapport à t; toutes réductions faites, on obtient la formule

$$\frac{dY}{dt} = 2\pi \frac{K}{\cos^2 \pi t + K^2 \sin^2 \pi t}.$$

Le dénominateur étant essentiellement positif, la vitesse a toujours le signe de K; elle varie périodiquement entre la valeur $2\pi K$, correspondant aux époques $t = 0, 1, 2, \ldots$, et la valeur $\frac{2\pi}{K}$ correspondant aux époques intermédiaires $t = \frac{1}{2}, \frac{3}{2}, \frac{5}{2}, \ldots$, en passant par la valeur 2π, vitesse angulaire du mouvement diurne, aux époques données par la condition qui rend le dénominateur égal à K. Comme les positions de l'astre les plus favorables à l'observation (passage supérieur) sont voisines du plan de référence $t = 0$,

la vitesse de rotation peut être considérée comme constante et égale à $2\pi K$, car cette vitesse varie peu aux environs de $t = 0$, puisqu'elle répond à un maximum ou à un minimum. La vitesse $\frac{2\pi}{K}$ n'est jamais observable avec le sidérostat, qui ne permet pas d'observer les passages inférieurs.

» 4° *Sens du mouvement de rotation du champ de vision.* — On doit supposer l'observateur recevant le faisceau lumineux; par conséquent, il dirige donc son regard vers le centre de la sphère suivant le rayon qui aboutit en D′, d'où il résulte que le sens du mouvement de rotation sera celui qu'un observateur placé suivant la direction D′ en dehors de la sphère attribuera au mouvement de l'arc D′P′.

» *Lorsque la distance polaire de l'astre visé est moindre que le supplément de la distance polaire de la direction réfléchie, le sens apparent de la rotation du champ de vision du sidérostat est celui du mouvement des aiguilles d'une montre. Il est de sens contraire si la distance polaire de l'astre est moindre que ce supplément.*

» L'observation avec une lunette astronomique ne change pas le sens de la rotation : le *renversement* des images se borne à tourner de 180° la direction origine $D'P_0$.

» 5° *Distance polaire critique : champ de vision immobile.* — La transition entre ces deux cas correspond à la condition $K = 0$, c'est-à-dire $\cos\frac{1}{2}(\rho + \delta) = 0$, la valeur de Y demeure constamment nulle, quel que soit l'angle horaire de l'astre; donc :

» *Le champ de vision du sidérostat reste rigoureusement immobile lorsque la distance polaire de l'astre visé est égale au supplément de la distance polaire de la direction réfléchie.*

» Ce cas d'immobilité absolue du champ correspond à une particularité géométrique qui rend le résultat évident : on démontre en effet aisément que, si $\rho + \delta = \pi$, l'arc $PM = \frac{\pi}{2}$; la normale au miroir devient normale à la ligne des pôles : le miroir est donc parallèle à l'axe terrestre. En outre, l'arc PM bissecte l'angle DPD′; par suite, le miroir tourne d'un angle égal à la moitié de la variation de l'angle horaire. Ce sont les deux conditions caractéristiques du *Cœlostat* de M. Lippmann (*Comptes rendus*, t. CXX, p. 1015). Le sidérostat peut donc remplacer le cœlostat pour une région du ciel située autour d'un astre de distance polaire δ : il est bon de connaître cette propriété, car on peut, dans certaines conditions, l'utiliser sans grande complication expérimentale (Voir le *Bulletin astronomique*).

» 6° *Sidérostat orienté dans le méridien.* — C'est le mode d'installation le plus ordinaire du sidérostat : le faisceau réfléchi horizontalement est dirigé exactement vers le sud. Il en résulte que $\omega = 0$, $\rho = \pi - L$, L étant la latitude. L'angle Y est l'angle que fait l'arc D'P' avec le méridien devenu le plan de référence et de symétrie.

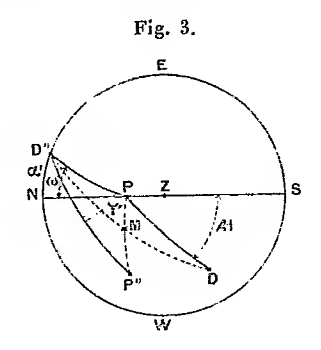
» *Avec le sidérostat orienté dans le méridien, le champ de vision est immobile lorsque la distance de l'astre visé est égale à la latitude du lieu d'observation : la rotation du champ a lieu dans le sens des aiguilles d'une montre si cette distance polaire est moindre que la latitude; en sens inverse, si elle est plus grande.*

» Le coefficient K, qui définit la valeur pratiquement constante de la vitesse de rotation du champ en fonction de la rotation diurne, est toujours plus petit que l'unité.

» *Héliostat.* — C'est l'appareil qui renvoie le faisceau réfléchi dans une direction voisine de l'horizon nord, rarement au delà du nord-est ou du nord-ouest.

» La *fig.* 3 représente le faisceau issu de l'astre D et renvoyé dans la direction horizontale D″ faisant, avec le méridien nord, un angle NPD″ $= \alpha'$

Fig. 3.



compté positivement vers l'est. Le pôle est en P, SPD est l'angle horaire et δ la distance polaire de l'astre visé D. Nous désignerons par $\omega' =$ NPD″ et $\rho' =$ PD″ l'angle horaire et la distance polaire de la direction réfléchie D″, qu'on déduit comme précédemment de l'azimut α', et de la latitude L au moyen du triangle rectangle NPD″. La normale M au miroir est au milieu de l'arc DD″ et l'image P″ du pôle sur l'arc PM prolongé de telle sorte que MP″ = MP.

» Comme avec le sidérostat, *l'image du pôle réfléchie par l'héliostat décrit autour du centre du champ un cercle ayant pour rayon la distance polaire de l'astre visé.*

» L'angle de rotation du champ $Y' = PD''P''$ est donné par

$$\tang \frac{1}{2} Y' = \frac{\cos \frac{1}{2}(\rho' - \delta)}{\cos \frac{1}{2}(\rho' + \delta')} \tang \frac{1}{2}(Æ - \omega').$$

Y' est compté positivement dans le sens des aiguilles d'une montre. L'expression de Y' est de même forme que celle de Y : nous appellerons K' le rapport des deux cosinus.

» On retrouve les trois conclusions (a), (b), (c) démontrées ci-dessus pour le sidérostat : avec l'héliostat, le coefficient K' est toujours plus grand que l'unité et conserve le signe positif dans les conditions où l'on utilise d'ordinaire l'héliostat.

» *Le champ de vision de l'héliostat, dans les conditions où il est utilisable, tourne avec une vitesse angulaire toujours plus grande que celle du mouvement diurne; le sens de la rotation est celui des aiguilles d'une montre.*

» Cette conclusion met en évidence une nouvelle cause d'infériorité de l'héliostat sur le sidérostat : à l'inconvénient provenant de la réflexion sous de grandes incidences sur le miroir de l'héliostat, se joint celui d'une grande vitesse de rotation du champ de vision. Ces deux conditions sont défavorables pour les observations qui exigent, dans les images, une grande perfection en même temps qu'une complète stabilité : c'est ce qui fait préférer le sidérostat pour l'Astronomie de précision.

» Mais cette rapidité de rotation du champ n'est pas toujours un inconvénient; pour certaines observations astrophysiques, elle est au contraire avantageuse, en ce sens qu'elle dispense de l'emploi de dispositifs optiques complexes et délicats; en voici un exemple.

» Imaginons qu'on projette, à l'aide d'un objectif convenable, l'image solaire réfléchie par un héliostat sur la fente d'un spectroscope à grande dispersion pour étudier le déplacement des raies, dû aux mouvements de la surface du Soleil. La condition la plus favorable se présente quand l'équateur solaire est normal à la fente; si l'on balance cette image de manière à amener successivement les bords opposés du disque tangentiellement à cette fente, on obtient le double du déplacement maximum provenant de la différence des vitesses radiales sur le pourtour de l'équateur (méthode du balancement des raies).

» A moins de circonstances exceptionnelles, l'image du disque solaire ne se présentera pas dans cet azimut favorable et aura peu de chance de

l'atteindre si l'on emploie un sidérostat, puisque, avec cet appareil, la vitesse de rotation du champ de vision est nulle ou très petite.

» Pour amener l'équateur dans l'azimut demandé, on est obligé d'avoir recours à un appareil auxiliaire composé, par exemple, d'un prisme isoscèle à réflexion totale, mobile autour d'un axe parallèle à sa base.

» Avec l'héliostat, la rotation spontanée du champ de vision dispense de cet appareil auxiliaire; il suffit d'attendre l'effet de cette rotation et l'on voit l'équateur solaire se placer de lui-même perpendiculairement à la fente. A certaines époques de l'année, par certaines orientations de la fente et du faisceau réfléchi par l'héliostat, cette condition de perpendicularité se présente deux fois dans la même journée à quelques heures d'intervalle, l'image de l'équateur solaire tournant de 180°.

» Ce résultat, que j'ai découvert par expérience et observé plusieurs fois, m'a beaucoup surpris au premier abord; je pensais qu'il fallait environ douze heures pour que l'image réfléchie du disque solaire pût tourner de 180° autour de son centre. Aussi est-ce la recherche de l'explication de ce phénomène qui est l'origine du présent Travail. La discussion de ce problème exigerait des développements assez longs. Je me borne à indiquer la possibilité de cette rotation rapide en renvoyant au Mémoire plus complet inséré au *Bulletin Astronomique*. »

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la composition en volumes de l'acide fluorhydrique.* Note de M. **Henri Moissan.**

« Dans une première série d'expériences, nous avons essayé de faire réagir directement un volume déterminé de fluor sur un volume connu d'hydrogène.

» Nous avons démontré précédemment que ces deux corps simples gazeux se combinent à l'obscurité sans qu'il soit besoin de l'intervention d'aucune énergie étrangère. D'autre part, en collaboration avec M. Berthelot, nous avons établi que la formation de l'acide fluorhydrique, en partant des éléments, se produisait avec un dégagement de $38^{Cal},6$ [1]. Ce chiffre montre avec quelle énergie la combinaison se produit; il fait comprendre pourquoi nos premiers essais n'ont pu nous mener à une méthode exacte; la réaction était trop violente.

---

(1) Berthelot et Moissan, *Chaleur de combinaison du fluor avec l'hydrogène* (*Annales de Physique et de Chimie*, 6e série, t. XXIII, p. 570; 1891.

» Nous avons employé alors une méthode détournée qui consiste à faire agir un volume connu de fluor sur l'eau, et à mesurer le volume de l'oxygène produit :

$$H^2O + F^2 = 2\,HF + O.$$

» Nous avons montré précédemment que l'oxygène qui se forme dans cette réaction était fortement ozonisé.

» Voici comment l'expérience était disposée :

» Le fluor était obtenu dans l'appareil à électrolyse en cuivre que nous avons décrit précédemment. Lorsque le dégagement gazeux avait déjà duré deux heures, de telle sorte que la préparation électrolytique était devenue bien régulière, on recueillait, dans des tubes gradués placés sur un cristallisoir rempli d'eau, le gaz qui se dégageait à chaque pôle. On décomposait ensuite l'ozone produit en chauffant l'éprouvette de verre de façon à le ramener à l'état d'oxygène, et l'on reconnaissait alors que les volumes des deux gaz étaient, à peu de chose près, dans le rapport de 1 à 2. Nous indiquerons les chiffres suivants fournis par quelques-unes de nos expériences.

» Volume du gaz recueilli dans le même temps :

Oxygène (pôle positif).	Hydrogène (pôle négatif).
cc 21,45	cc 43,50
24,25	49,20
26,10	52,80

» La concordance entre les volumes d'hydrogène produits au pôle négatif et les volumes d'oxygène dégagés au pôle positif, par suite de la réaction secondaire du fluor sur l'eau, nous indique déjà que la composition en volume de l'acide fluorhydrique, contenu dans l'électrolyseur de cuivre, correspondait bien à des volumes égaux d'hydrogène et de fluor.

» Dans une deuxième série d'expériences, la question a été étudiée d'une façon plus complète. Pour cela, notre appareil à électrolyse était disposé de façon à permettre de recueillir sur l'eau l'hydrogène qui se produisait au pôle négatif. Le fluor du pôle positif passait dans un petit barboteur en verre enduit intérieurement de paraffine, contenant de l'eau à la température du laboratoire. A la suite de ce barboteur, se trouvait un tube de verre horizontal dont une partie était chauffée avec un bec de gaz vers 500°, de façon à détruire l'ozone formé. Enfin, le gaz était recueilli dans

un tube gradué rempli d'eau. Le petit barboteur et le tube horizontal avaient été au préalable remplis d'azote pur.

» Lorsque l'appareil était ainsi disposé, on faisait passer le courant dans l'électrolyseur en cuivre, et l'on recueillait au pôle négatif de l'hydrogène et au pôle positif un mélange d'azote et d'oxygène, ce dernier gaz provenant de la décomposition de l'eau par le fluor. A un moment donné, le courant électrique était arrêté et l'on balayait le fluor restant dans le barboteur au moyen d'un courant d'azote.

» Le gaz recueilli au pôle positif était mesuré, puis analysé par le pyrogallate de potassium. On déduisait de cette analyse le volume exact d'oxygène produit; voici les résultats de deux expériences :

Volume de l'hydrogène.	Volume de l'oxygène.
49,0 cc	24,5 cc
45,5	23,7

» D'après ces chiffres, le volume d'oxygène est la moitié du volume de l'hydrogène, exactement dans le premier cas et d'une façon très approchée dans le second. Par conséquent, l'acide fluorhydrique gazeux est formé de volumes égaux de fluor et d'hydrogène.

» Nous avons songé alors à vérifier ce résultat en titrant l'acide fluorhydrique qui s'était formé dans la décomposition de l'eau par le fluor; mais les chiffres trouvés ont toujours été un peu faibles, et nous avons pensé, pour utiliser ce procédé de vérification, à donner une autre forme à l'expérience.

» Nous avons indiqué, dans une Note précédente [1], que le fluor, débarrassé des vapeurs d'acide fluorhydrique qu'il peut contenir par un abaissement de température de — 180°, n'avait pas d'action sur le verre sec; de plus, ce fluor, placé sur la cuve à mercure, forme à la surface du métal une couche de fluorure, qui, si elle n'est pas brisée, limite l'action chimique de ce gaz. On peut donc, dans ces conditions, avoir un volume déterminé de fluor dans une éprouvette de verre, fermée par du mercure. Si l'on place ensuite, avec précaution, ce tube dans un petit cristallisoir rempli d'eau, le mercure tombe au fond du cristallisoir; il se produit de suite de l'acide fluorhydrique qui entre en solution dans l'eau, et il reste

---

[1] H. Moissan, *Action de l'acide fluorhydrique et du fluor sur le verre* (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, t. CXXIX, p. 799; 1899).

dans le tube de verre de l'oxygène ozonisé. On lit le volume de ce gaz; puis, dans une expérience comparative faite en même temps et dans les mêmes conditions, on titre l'ozone; enfin, on dose très exactement l'acide fluorhydrique qui est entré en solution dans l'eau.

» La quantité d'acide fluorhydrique trouvée vérifie, dès lors, le volume d'oxygène recueilli dans nos expériences, pour lesquelles l'oxygène renfermait 10 pour 100 d'ozone.

» Les chiffres obtenus dans cette nouvelle série d'expériences sont résumés dans le Tableau suivant :

Volume de fluor mesuré.	Volume d'oxygène		Volume de l'acide fluorhydrique	
	trouvé.	théorique.	trouvé.	théorique.
cc 12,5	cc 6,40	cc 6,25	cc 24,49	cc 25,00
14,7	7,24	7,35	30,02	29,40
20,8	10,70	10,40	39,60	41,60

» De l'ensemble de nos expériences, nous pouvons donc conclure que l'acide fluorhydrique est formé de volumes égaux de fluor et d'hydrogène.

» Nous rappellerons maintenant que M. Mallet ([1]), professeur à l'Université de Virginie, a déterminé la densité de l'acide fluorhydrique à $+30°$, et qu'il a trouvé, par rapport à l'hydrogène, la valeur 39,32.

» Quelques années plus tard, MM. Thorpe et Hambly ([2]) ont repris cette détermination et à $+32°$ ils regardent cette densité comme égale à 39,74. Ces chiffres correspondraient à H^2F^2. Mais jusqu'à la température de $+88°,1$ cette densité diminue et, d'après MM. Thorpe et Hambly, elle devient égale à 20,58 pour cette température.

» En résumé, la densité gazeuse de l'acide fluorhydrique varie très rapidement avec la température aux environs de son point d'ébullition. On sait qu'il en est de même pour l'acide acétique, le peroxyde d'azote et d'autres composés.

» C'est donc à partir de 88o,1 que l'acide fluorhydrique se comporte comme l'acide chlorhydrique, sous le rapport de la composition en volume.

» Il est facile de voir, en effet, qu'avec cette valeur, et en tenant compte de la densité du fluor ainsi que du rapport des volumes de l'hydrogène et

---

([1]) Mallet, *Sur le poids moléculaire de l'acide fluorhydrique* (*Amer. Chem. Journ.*, t. III, p. 189; 1881).

([2]) Thorpe et Hambly, *Densité de vapeur de l'acide fluorhydrique* (*Chem. Society*, t. LIII, p. 765 et t. LV, p. 163; 1888 et 1889).

du fluor que nous avons déterminés, le volume de l'acide fluorhydrique est égal à la somme des volumes de l'hydrogène et du fluor qu'il renferme.

» En désignant par x le volume de l'acide fluorhydrique gazeux, par V les volumes égaux de l'hydrogène et du fluor qu'il contient on aura :

$$V \times 0{,}0695 + V \times 1{,}266 = \frac{x \times 20{,}58 \times 0{,}0695}{2}$$

d'où l'on déduit

$$x = 2V \times \frac{1{,}3355}{1{,}4303}$$

ou très sensiblement

$$x = 2V.$$

» En résumé, un volume de fluor s'unit à un volume égal d'hydrogène pour donner un volume double de gaz acide fluorhydrique. »

PHYSIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Étude sur la sérothérapie du charbon symptomatique;* par M. S. **Arloing.**

« I. En 1894, peu de temps après que Behring eut trouvé les propriétés antitoxiques et préventives du sérum dans la diphtérie et le tétanos, Duenschmann s'aperçut que le sérum des lapins immunisés contre le charbon symptomatique prémunit le cobaye, lorsqu'il est administré, isolément, avant ou en même temps que le virus, ou bien encore mélangé à ce dernier. Il a vainement cherché la manifestation d'un pouvoir curatif (voy. *Ann. de l'Institut Pasteur*, p. 403; 1894),

» Depuis cette époque, j'ai entrepris moi-même des expériences sur ce sujet, d'une manière intermittente, avec le sérum d'un certain nombre d'animaux de l'espèce bovine doués d'une immunité naturelle contre le charbon. Leurs résultats ne m'ayant pas donné une satisfaction complète, je ne les ai pas publiés, espérant qu'un jour ou l'autre je rencontrerais un animal plus favorable.

» Simultanément, Kitt, Knor, Voges et Casper se sont intéressés à la question et auraient obtenu des sérums plus ou moins actifs.

» Kitt, ayant repris ses recherches, a fait savoir, en novembre dernier (voy. *Monatshefte für Thierheilkunde*, t. XI; 1899), qu'il avait retiré du sérum préventif de la chèvre, du mouton, du cheval et du bœuf immunisés artificiellement, et qu'il pensait avoir constaté aussi, dans le même sérum,

des qualités curatives. Mais les faits sur lesquels il se base pour affirmer l'existence de qualités curatives ne sont pas concluants, attendu que les animaux soumis au traitement sérothérapique avaient déjà reçu du sérum préventivement.

» Comme je n'avais jamais cessé de m'intéresser à la sérothérapie du charbon symptomatique, au moment où parut le mémoire de Kitt, j'entretenais depuis plus de six mois une génisse qui m'avait paru dans d'excellentes conditions pour fournir un sérum actif. En effet, cette bête avait résisté à des accidents locaux formidables, causés par de multiples et fortes injections de virus charbonneux dans les muscles; de plus, après sa guérison, elle avait reçu une série d'inoculations dans le sang et dans le tissu conjonctif. C'est avec son sérum, obtenu le 24 décembre 1899, que j'ai fait, sur le *mouton*, les expériences ci-dessous analysées sommairement devant la Société des sciences vétérinaires de Lyon le 4 février.

» Je m'étais proposé d'étudier les propriétés *préventives, curatives* et *antitoxiques* du sérum. Aujourd'hui, je parlerai des deux premières.

» II. *Propriétés préventives.* — Elles existent manifestement dans le sérum sus-indiqué. Je les ai mises en évidence de plusieurs manières : 1° en injectant le sérum dans le tissu conjonctif, isolément, avant ou en même temps que le virus charbonneux; 2° en injectant le sérum dans une veine et le virus charbonneux dans le tissu conjonctif; 3° en injectant, en même temps et au même point, le sérum mélangé au virus.

» Ces trois sortes d'épreuves méritent d'être distinguées, car elles favorisent inégalement la valeur préventive.

» Ainsi, introduit isolément dans le tissu conjonctif, il faut environ 10^{cc} de sérum pour préserver un mouton pesant 30^{kg} contre la dose mortelle de virus frais; injecté dans les veines, il donne le même résultat à une dose dix fois plus petite; mélangé préalablement au virus, il produit, en apparence, les mêmes effets à une dose quarante fois moindre.

» Pour bien constater la propriété préventive, il ne faut pas l'opposer à une dose de virus notablement supérieure à la dose mortelle. Lorsqu'il existe un défaut de proportion entre la dose de sérum et celle du virus, la protection de l'animal est imparfaite. L'expérimentation présente même, de ce chef, certaines difficultés qu'il faut apprendre à surmonter.

» III. *Propriétés curatives.* — Vainement cherchées par Duenschmann, entrevues par Kitt, je les ai nettement observées, mais dans des conditions qui, pour le moment, laissent peu d'espoir de trouver en elles un précieux

auxiliaire de notre thérapeutique. Effectivement, le succès exige que le sérum intervienne rapidement après l'infection.

» Par *voie sous-cutanée*, une dose largement préventive est impuissante à arrêter la marche d'une inoculation mortelle, si elle est injectée plus de *trois heures* après le virus; par *voie sanguine*, la même dose est curative *neuf heures* après l'infection et inefficace au bout de *douze heures*. Même lorsqu'il doit être efficace, le sérum ne supprime pas entièrement les troubles locaux. On observe toujours une légère boiterie et une tuméfaction œdémateuse du membre ayant reçu l'inoculation virulente. Ces troubles s'améliorent en quelques jours.

» Je n'entrerai pas dans les détails: cependant je tiens à dire que j'ai constaté encore ici la supériorité des injections intra-veineuses d'une façon remarquable.

» J'ajouterai enfin que, en dehors des cas où les animaux frappés spontanément du charbon présentent une grande résistance naturelle à l'évolution du mal, les injections curatives ont les plus grandes chances d'arriver tardivement.

» IV. *Dessiccation du sérum.* — Les propriétés que je viens de décrire m'ont paru se conserver intactes dans le sérum desséché rapidement, en couche mince, à l'air libre et à la température de $+38^{\circ}$.

» *Détermination de l'activité du sérum.* — J'ai cherché à me faire une idée de l'activité du sérum précité, en déterminant la quantité nécessaire pour neutraliser, par mélange *in vitro*, une dose mortelle de virus frais. Mais, préalablement, il m'a fallu créer un type de virus. Je l'obtiens en soumettant à la presse une pulpe faite avec 50^{gr} de tumeur charbonneuse et 20^{gr} d'eau, de manière à en retirer 30^{gr} de suc virulent. $\frac{1}{10}$ de centimètre cube de ce suc, injecté dans les muscles, peut faire mourir un mouton en vingt-quatre à trente-six heures. Or, cette dose mortelle est très bien neutralisée par $\frac{1}{4}$ de centimètre cube de sérum; elle ne l'est pas par $\frac{1}{10}$.

» Il est donc vraisemblable qu'il faudrait 20^{cc} de sérum pour neutraliser 10^{cc} de virus. En conséquence, l'activité ou la valeur de ce sérum peut être représentée par $\frac{10}{20} = \frac{1}{2}$.

» Prochainement, j'envisagerai le sérum particulièrement au point de vue de la création de l'immunité. »

OBSERVATOIRES. — *Le nouvel observatoire de Tananarive.* Note du R. P. Colin.

« On sait que l'observatoire d'Ambohidempona, situé à 2^{km} à l'est de Tananarive, que j'avais construit en 1889, a été pillé et démoli pendant la guerre en 1895. Dès mon retour à Madagascar, je me suis occupé d'en édifier un nouveau, afin de pouvoir le plus tôt possible continuer mes travaux astronomiques, géodésiques, météorologiques et magnétiques.

» Le plan ancien a reçu quelques modifications. J'ai remplacé l'octogone central qui autrefois supportait la grande coupole, par un péristyle dans lequel sont installés les baromètres, barographes, sismographe, anémoscope et anémomètre enregistreur.

» Le pavillon de l'Est, perpendiculaire à la façade et contenant les cercles méridiens, a été construit perpendiculairement à la tour, afin de mettre ces instruments à l'abri des fortes brises d'Est, qui rendent difficile l'observation du nadir. La lunette méridienne Rigaud n° 2, avec laquelle j'ai déjà déterminé les positions géographiques de l'observatoire, celle de Brunner qui, en 1898, m'a servi sur la côte occidentale de Madagascar, sont déjà placées sur leurs piliers et orientées. Il a fallu envoyer en France, pour être réparés, l'objectif, l'oculaire et le micromètre du premier cercle méridien, très endommagés lors du pillage et de la destruction de l'observatoire par les Malgaches, en 1895.

» La pendule sidérale, qui, à cette même époque, fut transportée à 2^{km} de distance, sans qu'on eût pris soin de la démonter, ni d'enlever le mercure contenu dans l'éprouvette du balancier, se trouvait en bien mauvais état. J'ai dû nettoyer à fond les pivots et les rouages, remplacer l'aiguille des secondes qui avait disparu, et refaire l'axe de la poulie du contrepoids que l'on avait brisé.

» La coupole de 5^{m} de diamètre qui surmonte la tour du Sud a été construite par MM. Gillon, à Paris. M. le général Gallieni a eu l'extrême obligeance de faire transporter de Majunga à Tananarive les huit grandes caisses qui en contenaient les diverses parties. A défaut de mécanicien ajusteur, je l'ai remontée avec l'aide d'un maçon indigène.

» La lunette équatoriale d'Eichens que m'avait confiée le regretté amiral Mouchez avait été très endommagée, en 1895, par les pillards.

Entre autres choses, ils emportèrent la plaque de fonte qui surmonte le pied parallactique, les coussinets inférieurs adhérents à cette plaque, et dans lesquels tourne l'axe du cercle horaire, la console qui supporte le mouvement d'horlogerie, le levier de déclenchement de ce même mouvement avec l'engrenage du cercle horaire, la vis régulatrice de l'axe, les crapaudines sur lesquelles repose le pied de l'instrument. D'après mes modèles et sous ma direction, des ouvriers malgaches ont fondu ou fabriqué chacune des pièces que je viens d'énumérer. Malgré leur imperfection au point de vue artistique, elles assurent d'une manière satisfaisante le fonctionnement de la lunette équatoriale.

» J'ai reconstruit l'abri météorologique d'après le même plan et au même endroit que le précédent. J'y ai installé le psychromètre d'August, l'évaporomètre Piche, les thermomètres maxima et minima, un thermographe et un hygrographe Richard.

» Il est regrettable que je n'aie pu renvoyer en France toutes les parties avariées des instruments astronomiques, magnétiques et météorologiques; mais, ayant reçu de la colonie la somme de 10000^{fr} à titre d'encouragement, et prévenu que je n'avais droit à aucune indemnité, j'en ai été réduit à réparer moi-même la plupart des instruments détériorés, et à ne construire momentanément que les deux tiers de l'édifice [1]. »

CORRESPONDANCE.

M. G.-G. Stokes, élu Associé étranger, adresse ses remercîments à l'Académie.

M. Mittag-Leffler, M. von Zittel, M. W. Pfeffer, élus Correspondants, adressent leurs remercîments à l'Académie.

---

[1] En même temps que cette Notice sur la disposition du nouvel observatoire, j'adresse à l'Académie : 1° le cinquième Volume des *Observations météorologiques* faites en 1893 à Tananarive et dans sept stations secondaires réparties dans toute l'île (Tamatave, Arivonimanao, Fianarantsoa, Vohémar, Diego-Suarez, Nosy-Vé et Fort-Dauphin), volume de 297 pages; 2° un recueil de *Mélodies malgaches,* transcrites pour la plupart dans le cours de mes missions scientifiques.

M. le **Secrétaire perpétuel** annonce à l'Académie la perte qu'elle vient de faire dans la personne de M. *Eug. Beltrami*, Correspondant pour la Section de Mécanique, décédé à Rome le 18 février 1900.

ASTRONOMIE. — *Observations de la comète Giacobini* (1900, *janvier* 31), *faites à l'Observatoire de Paris* (*équatorial de la tour de l'Ouest de* $0^m,305$ *d'ouverture*); par M. G. **Bigourdan**, communiquées par M. Lœwy.

Date. 1900.	Étoile de comparaison.	Grandeur.	✱ — ★. ΔR.	✱ — ★. ΔD.	Nombre de comparaisons.
Février 24...	377 BD + 0°	9	$+0^m.24^s,05$	$-1'.49'',6$	2:2
24...	377 BD + 0	9	+0.23,23	−1.42,3	4:4
24...	377 BD + 0	9	+0.22,80	−1.36,0	4:4
24..	377 BD + 0	9	+0.22,66	−1.30,6	4:4

Position de l'étoile de comparaison.

Date. 1900.	Asc. droite moyenne 1900,0.	Réduction au jour.	Déclinaison moyenne 1900,0.	Réduction au jour.	Autorité.
Février 24....	$2^h.12^m.3^s,14$	$+0^s,92$	$+1°.2'.45'',3$	$+0'',4$	137 Weisse₁, IIʰ

Positions apparentes de la comète.

Date. 1900.	Temps moyen de Paris.	Ascension droite apparente.	Log. fact. parallaxe.	Déclinaison apparente.	Log. fact. parallaxe.
Février 24...	$7^h.22^m.47^s$	$2^h.12^m.28^s,11$	$\bar{1}$,485	$+1°.0'.56'',1$	0,817
24...	7.34.42	2.12.27,29	$\bar{1}$,502	+1.1.3,4	0,818
24...	7.41.27	2.12.26,86	$\bar{1}$,511	+1.1.9,7	0,818
24...	7.47.56	2.12.26,72	$\bar{1}$,519	+1.1.15,1	0,818

» *Remarque*. — Ces observations ont été faites par angle de position et distance.

» La comète, semblable à une nébuleuse de la classe II-III ou III, est arrondie, sans queue, plus brillante vers la région centrale, et présente un petit point ou noyau stellaire, accompagné d'autres plus faibles encore. Diamètre total : 50″ environ.

ASTRONOMIE. — *Observations de la comète Giacobini (1900, a) faites à l'observatoire de Besançon (équatorial coudé).* Note de M. P. **Chofardet**, communiquée par M. L.-J. Gruey et présentée par M. Lœwy.

Dates. 1900.	Étoiles.	Comète. — Étoile. Ascension droite.	Distance polaire.	Nombre de comparaisons.
		m s	′ ″	
Février 16	*a*	+1.21,10	+12.23,0	9:6
21	*b*	−0.31,60	− 5.36,4	9:6
21	*b*	−0.32,93	− 6. 0,1	12:6

Positions des étoiles de comparaison.

Étoiles de compar.	Ascension droite moyenne 1900,0.	Réduction au jour.	Distance polaire moyenne 1900,0.	Réduction au jour.	Autorités.
	h m s	s	° ′ ″	″	
a	2.22.16,60	+1,06	91.27.53,6	+0,4	Weisse, 323, II^h.
b	2.16.49,17	+0,97	90. 3.39,5	−0,1	Yarnall, 1055 (69 Baleine).

Positions apparentes de la comète.

Dates. 1900.	Temps moyen de Besançon.	Ascension droite apparente.	Log. fact. parallaxe.	Distance polaire apparente.	Log. fact. parallaxe.
	h m s	h m s		° ′ ″	
Février 16 ...	7.36.47	2.23.38,76	$\bar{1}$,450	91.40.17,0	$0,819_n$
21 ...	7.30.10	2.16.18,54	$\bar{1}$,485	89.58. 3,0	$0,811_n$
21 ...	7.56.45	2.16.17,21	$\bar{1}$,523	89.57.39,3	$0,811_n$

La comète est ronde avec un léger noyau central de 13e grandeur. Son diamètre apparent est d'environ 1′.

ASTRONOMIE. — *Sur l'application de la Nomographie à la prédiction des occultations d'étoiles par la Lune.* Note de M. **Maurice d'Ocagne**, présentée par M. O. Callandreau.

« Dans un Mémoire publié récemment (¹), M. L. Cruls ramène la prédiction des occultations d'étoiles par la Lune au calcul suivant :

» Si H représente l'angle horaire local de la Lune à l'instant de la con-

(¹) *Méthode pour déterminer les heures des occultations d'étoiles par la Lune,*

jonction vraie, φ' la latitude géocentrique du lieu de l'observation, p' une quantité auxiliaire liée à la variation d'ascension droite de la Lune et que donne la *Connaissance des Temps,* et si l'on pose ([1])

$$(1) \qquad k = \frac{15 \cos \varphi'}{p'},$$

$$(2) \qquad m = 1 - 0{,}018 \cos H \cos \varphi',$$

$$(3) \qquad K = mk,$$

on a le retard $\frac{\theta}{15}$ de la conjonction apparente sur la conjonction vraie par la résolution de l'équation

$$(4) \qquad \theta = K \sin (H + \theta).$$

» Il suffit d'ailleurs de poser $H + \theta = \tau$ pour ramener cette dernière équation à la forme de celle de Képler

$$(4') \qquad \tau - K \sin \tau = H.$$

» On peut remarquer que l'application répétée du principe des doubles alignements (*Traite de Nomographie,* Chap. III, Sect. V, A) permet de représenter simultanément les quatre équations (1), (2), (3), (4') sur *un seul abaque* ne comportant comme éléments cotés que des points.

» En désignant par l_1, l_2, l_3 des modules et par λ un paramètre, dont on fixera les valeurs en vue de la meilleure disposition à donner à l'abaque, on définira séparément les abaques des quatre équations ci-dessus par rapport à des axes parallèles Au et Bv, au moyen des formules suivantes ([2]) :

$$\text{Abaque (I)} \quad \begin{cases} (p') \ldots\ldots\ldots & u = -l_1 \dfrac{p'}{a}, \\ (\varphi') \ldots\ldots\ldots & v = l_2 \cos \varphi', \\ (k) \ldots\ldots\ldots & l_2 k u + l_1 v = 0. \end{cases}$$

(Échelle située sur l'axe AB des origines.)

Rio de Janeiro; 1899. M. Cruls fait remarquer que l'équation (4) ci-dessus se trouve aussi dans la méthode du docteur C. Stechert qui, pour le reste, diffère de la sienne.

([1]) En supposant le rayon géocentrique local égal à 1, ce qui, pour la représentation graphique, est sans inconvénient.

([2]) Les abaques (I), (II) et (III) sont du type représenté par la *fig.* 73 (p. 172), l'abaque (IV) est celui de la *fig.* 84 (p. 195) du *Traité de Nomographie.* Nous renvoyons à ce qui est dit à cet endroit pour la construction de l'échelle curviligne (τ).

$$\text{Abaque (II)} \left\{ \begin{array}{ll} (m) \ldots\ldots\ldots & u = -\lambda l_1 m, \\ (\varphi') \ldots\ldots\ldots & v = l_2 \cos\varphi', \\ (\mathrm{H})_0 \ldots\ldots\ldots & l_2 u - \lambda l_1 b \cos \mathrm{H} . v + \lambda l_1 l_2 = 0. \end{array} \right.$$

(Échelle située sur la droite joignant l'origine B au point de A u correspondant à $m = 1$.)

$$\text{Abaque (III)} \left\{ \begin{array}{ll} (m) \ldots\ldots\ldots & u = -\lambda l_1 m, \\ (\mathrm{K}) \ldots\ldots\ldots & v = \lambda l_2 \mathrm{K}, \\ (k) \ldots\ldots\ldots & l_2 k u + l_1 v = 0. \end{array} \right.$$

$$\text{Abaque (IV)} \left\{ \begin{array}{ll} (\mathrm{H})_1 \ldots\ldots\ldots & u = l_3 \mathrm{H}, \\ (\mathrm{K}) \ldots\ldots\ldots & v = \lambda l_2 \mathrm{K}, \\ (\tau) \ldots\ldots\ldots & \lambda l_2 u + l_3 \sin\tau . v - \lambda l_2 l_3 \tau = 0. \end{array} \right.$$

(Échelle curviligne.)

» On voit que, par le choix qui a été fait pour les modules :

Les abaques	(I) et (II)	ont la même échelle	(φ'),
»	(I) et (III)	»	(k),
»	(II) et (III)	»	(m),
»	(III) et (IV)	»	(K).

» On pourra donc rapporter les quatres abaques *aux mêmes axes* Au *et* Bv. Toutefois, pour plus de netteté, il vaudra mieux ne le faire que pour les trois premiers, le quatrième ayant en commun avec eux l'axe Bv, mais avec un autre axe Au que nous désignerons par $A_1 u_1$.

» Les axes Au et Bv portant chacun deux échelles, celles-ci peuvent être marquées de part et d'autre de ces axes. D'ailleurs, suivant la remarque faite dans le *Traité de Nomographie* (p. 215), les échelles (k), (m) et (K) n'intervenant que comme *lignes de pivots* peuvent être réduites à leur support pourvu d'une *graduation absolument quelconque* destinée seulement au repérage des pivots. A cet effet, on pourra se servir respectivement pour les pivots (m) et (K) des graduations (p') et (φ').

» Le mode d'emploi de l'abaque résultant peut s'énoncer ainsi :

» *Prendre le point* (k) *aligné sur les points* (p') *et* (φ'), *le point* (m) [*repéré sur la graduation* (p')] *aligné sur les points* (φ') *et* $(\mathrm{H})_0$, *le point* (K) [*repéré sur la graduation* (φ')] *aligné sur les points* (k) *et* (m), *enfin le point* (τ) *aligné sur les points* (K) *et* $(\mathrm{H})_1$.

» Nous comptons revenir avec plus de détail sur ce sujet. »

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la méthode de Neumann et le problème de Dirichlet.* Note de M. **A. Korn**, présentée par M. Picard.

« Dans une Note [1] *sur la méthode de Neumann et le problème de Dirichlet*, M. W. Stekloff est arrivé à une démonstration de la méthode de la moyenne arithmétique de M. Neumann, qui est à peu près la même que celle que j'ai publiée il y a un an dans mon Cours sur la théorie du potentiel [2]. Ma démonstration, comme celle de M. Stekloff, a pour base le Mémoire ingénieux [3] de M. Poincaré, et nous avons éliminé tous les deux de la même manière la restriction de M. Poincaré, que l'existence d'une solution soit préalablement établie. Pour rendre la démonstration complète, il fallait encore éliminer une autre condition de M. Poincaré, l'existence d'une certaine transformation à l'aide de laquelle on puisse transformer la surface donnée en sphère. Comme l'existence de cette transformation ne peut être facilement démontrée pour toutes les surfaces, je me suis borné à un cas très général, dans lequel on peut l'établir sans difficulté, mais il résulte clairement de ma démonstration qu'elle reste toujours rigoureuse, *pourvu que la transformation de M. Poincaré existe et que la fonction f donnée sur la surface soit continue avec ses deux premières dérivées* [4]. On peut remplacer la condition 4° de M. Stekloff par cette condition, car la condition 4° de M. Stekloff en est, comme il résulte déjà du Mémoire de M. Poincaré, une simple conséquence. »

GÉOMÉTRIE. — *Sur les équations cinématiques fondamentales des variétés dans l'espace à n dimensions.* Note de M. **N.-J. Hatzidakis**, présentée par M. G. Darboux.

« 1. On peut substituer à la théorie *analytique* des surfaces, fondée par Gauss, une théorie tout à fait équivalente et purement *cinématique*, comme l'a fait M. Darboux (*Surfaces*, Livres I et V).

---

(1) *Comptes rendus* du 12 février.

(2) *Lehrbuch der Potentialtheorie;* Berlin, 1899.

(3) *Acta mathematica,* t. XX.

(4) La continuité des deuxièmes dérivées peut être remplacée par des conditions un peu plus générales, sur lesquelles je ne veux pas insister davantage.

» 2. Les équations fondamentales entre rotations et translations, dans cette théorie, ont été étendues, par M. Craig (*American Journal of Mathematics*, Vol. XX; 1898), aux *variétés* d'un espace à quatre dimensions. Dans un travail qui va paraître dans le même Recueil en juillet ou octobre, nous avons envisagé la question dans le cas général d'un espace à n dimensions. Nous nous bornons ici à donner les équations cinématiques fondamentales d'une variété à deux dimensions ou *surface* dans cet espace général. Pour une variété à k dimensions $(1 < k < n)$, on aura évidemment $\frac{k(k-1)}{2}$ séries d'équations de la forme de celles qui suivent, avec la seule différence qu'au lieu des p, p', nous aurons les $p^{(m)}$, $p^{(n)}$, avec toutes les combinaisons possibles des indices m, n, *deux à deux*

$$(m = 1, 2, \ldots, k),$$
$$(n = 1, 2, \ldots, k).$$

» 3. *Équations fondamentales des surfaces dans l'espace à n dimensions.*

$$\frac{\partial p_{1i}}{\partial v} - \frac{\partial p'_{1i}}{\partial u} = \sum_{\lambda=i+1}^{n} (p'_{i\lambda} p_{1\lambda} - p_{i\lambda} p'_{1\lambda}) - \sum_{\tau=1}^{i-1} (p'_{\tau i} p_{1\tau} - p_{\tau i} p'_{1\tau})$$
$$(i = 2, 3, \ldots, n),$$

$$\frac{\partial p_{23}}{\partial v} - \frac{\partial p'_{23}}{\partial u} = \sum_{\lambda=4}^{n} (p'_{3\lambda} p_{2\lambda} - p_{3\lambda} p'_{2\lambda}) + (p'_{13} p_{12} - p_{13} p'_{12}),$$

$$\frac{\partial p_{2i}}{\partial v} - \frac{\partial p'_{2i}}{\partial u} = \sum_{\lambda=i+1}^{n} (p'_{i\lambda} p_{2\lambda} - p_{i\lambda} p'_{2\lambda}) + (p'_{1i} p_{12} - p_{1i} p'_{12})$$
$$- \sum_{\tau=3}^{i-1} (p'_{\tau i} p_{2\tau} - p_{\tau i} p'_{2\tau})$$
$$(i = 4, 5, \ldots, n),$$

$$\frac{\partial p_{34}}{\partial v} - \frac{\partial p'_{34}}{\partial u} = \sum_{\lambda=5}^{n} (p'_{4\lambda} p_{3\lambda} - p_{4\lambda} p'_{3\lambda}) + \sum_{\tau=1}^{2} (p'_{\tau 4} p_{\tau 3} - p_{\tau 4} p'_{\tau 3}),$$

$$\frac{\partial p_{3i}}{\partial v} - \frac{\partial p'_{3i}}{\partial u} = \sum_{\lambda=i+1}^{n} (p'_{i\lambda} p_{3\lambda} - p_{i\lambda} p'_{3\lambda}) + \sum_{\tau=1}^{2} (p'_{\tau i} p_{\tau 3} - p_{\tau i} p'_{\tau 3})$$
$$- \sum_{\tau=4}^{i-1} (p'_{\tau i} p_{3\tau} - p_{\tau i} p'_{3\tau})$$
$$(i = 5, 6, \ldots, n),$$

....;

$$\frac{\partial p_{k\,k+1}}{\partial v} - \frac{\partial p'_{k\,k+1}}{\partial u} = \sum_{\lambda=k+1}^{n} (p'_{k+1,\lambda} p_{k\lambda} - p_{k+1,\lambda} p'_{k\lambda}) + \sum_{\tau=1}^{k-1} (p'_{\tau,k+1} p_{\tau k} - p_{\tau,k+1} p'_{\tau k}),$$

$$\frac{\partial p_{ki}}{\partial v} - \frac{\partial p'_{ki}}{\partial u} = \sum_{\lambda=i+1}^{n} (p'_{i\lambda} p_{k\lambda} - p_{i\lambda} p'_{k\lambda}) + \sum_{\tau=1}^{k-1} (p'_{\tau i} p_{\tau k} - p_{\tau i} p'_{\tau k}) - \sum_{\tau=k+1}^{i-1} (p'_{\tau i} p_{k\tau} - p_{\tau i} p'_{k\tau})$$

$$(i = k+2,\ k+3,\ \ldots,\ n),$$

. . . .

$$\frac{\partial p_{n-2,n-1}}{\partial v} - \frac{\partial p'_{n-2,n-1}}{\partial u} = (p'_{n-1,n} p_{n-2,n} - p_{n-1,n} p'_{n-2,n}) + \sum_{\tau=1}^{n-3} (p'_{\tau,n-1} p_{\tau,n-2} - p_{\tau,n-1} p'_{\tau,n-2}),$$

$$\frac{\partial p_{n-2,n}}{\partial v} - \frac{\partial p'_{n-2,n}}{\partial u} = \sum_{\tau=1}^{n-3} (p'_{\tau,n} p_{\tau,n-2} - p_{\tau,n} p'_{\tau,n-}) - (p'_{n-1,n} p_{n-2,n-1} - p_{n-1,n} p'_{n-2,n-1}),$$

$$\frac{\partial p_{n-1,n}}{\partial v} - \frac{\partial p'_{n-1,n}}{\partial u} = \sum_{\tau=1}^{n-2} (p'_{\tau,n} p_{\tau,n-1} - p_{\tau,n} p'_{\tau,n-1}).$$

» Ces équations entre les rotations p et p' *seules* sont au nombre de $\frac{n(n-1)}{2}$. Il y a, en outre, entre rotations et translations, les n équations suivantes :

$$\frac{\partial \xi_k}{\partial v} - \frac{\partial \xi'_k}{\partial u} = \sum_{i=1}^{k-1} (\xi'_i p_{ik} - \xi_i p'_{ik}) - \sum_{i=k+1}^{n} (\xi'_i p_{ki} - \xi_i p'_{ki})$$

$$(k = 1,\ 2,\ 3,\ \ldots,\ n).$$

» *On a donc, en tout,* $\frac{n(n+1)}{2}$ *équations cinématiques fondamentales.* Pour $n = 3$, on retrouve les six équations de M. Darboux; pour $n = 4$, les dix de M. Craig (*loc. cit.*).

» 4. Pour que les déplacements définis par les p et les ξ soient ceux du *polyèdre principal* d'une variété à k dimensions ($1 < k < n$), il faut évidemment et il suffit que l'on ait les équations

$$\xi^{(\sigma)}_{k+1} = \xi^{(\sigma)}_{k+2} = \ldots = \xi^{(\sigma)}_{n} = 0 \qquad (\sigma = 1, 2, 3, \ldots, k),$$

qui expriment que les déplacements de l'origine du polyèdre ont lieu per-

pendiculairement à la variété *linéaire* à $n - k$ dimensions, *normale* à la variété donnée (voir DARBOUX, *Surfaces*, t. II, p. 348). »

OPTIQUE. — *Sur le mouvement lumineux et les formules de Fourier.* Note de M. GOUY.

« La récente Communication de M. Carvallo [1] me fournit encore [2] l'occasion d'insister sur quelques points de la théorie du mouvement lumineux. Je ne reviendrai pas sur la question des vibrations amorties, qui me paraît épuisée, et j'arrive à ce qui concerne la lumière constante.

» Dans mon travail de 1886 [3], on trouve les lignes suivantes :

» Le problème devient très simple si l'on considère les mouvements lumineux *constants*, c'est-à-dire ceux qui donnent des phénomènes indépendants du temps, ce qui est le cas ordinaire. Si nous faisons passer les rayons émis par une source lumineuse constante à travers un système optique fixe quelconque, l'expérience montre que l'intensité lumineuse en un point quelconque est sensiblement constante, c'est-à-dire que, si elle subit des variations, celles-ci sont assez rapides pour être insensibles à l'observateur, qui ne peut apprécier que l'intensité moyenne dans un intervalle comprenant nécessairement un grand nombre de vibrations.

» Comme on le voit, cette expression de lumière constante est prise dans son sens usuel et expérimental. Cette constance peut se trouver réalisée de bien des manières, qu'il n'est pas nécessaire de connaître; l'essentiel, c'est qu'en pareil cas il suffit, pour prévoir les phénomènes, de pouvoir calculer l'intensité moyenne au point considéré, puisque cette intensité moyenne est tout ce que peut percevoir l'observateur, et qu'elle reste invariable pour lui pendant toute la durée de l'expérience.

» Or, le théorème que j'ai établi [4] donne précisément cette intensité moyenne, dans un intervalle de temps quelconque, mais très grand par rapport aux périodes vibratoires, et dès lors la question est définitivement résolue. Sans doute, on peut désirer savoir plus en détail le mécanisme des phénomènes, et traiter ces questions sans faire usage des formules de Fourier; cela n'est pas toujours possible, car les mouvements simples sont

(1) *Comptes rendus*, 12 février.
(2) *Voir* ma Note des *Comptes rendus*, 29 janvier.
(3) *Sur le mouvement lumineux* (*Journal de Physique*), 1886.
(4) *Loc. cit.* Ce théorème a été parfois cité et interprété d'une manière erronée.

le plus souvent les seuls dont les lois de propagation soient bien connues, mais ce calcul direct, quand il est possible, ne saurait donner des résultats différents. On trouvera quelques exemples intéressants de ces vérifications dans un Mémoire de M. A. Schuster (1).

» M. Carvallo ne conteste pas le théorème que je viens de rappeler, mais il échappe à ses conséquences en mettant en doute la légitimité de l'emploi des formules de Fourier, et s'exprime ainsi :

» Je ne puis admettre ce raisonnement trop simpliste, à cause du nombre immense de discontinuités que présentent les fonctions envisagées dans un intervalle de temps insensible, chaque point incandescent étant, presque à chaque instant, le siège d'une perturbation brusquement naissante. Il y a là comme un chaos où semblent devoir échouer toutes les méthodes d'analyse, notamment ici les belles formules de Fourier (*Comptes rendus*, 15 janvier).

» L'intervalle envisagé par M. Gouy embrasse un ensemble de perturbations très complexe. Chacune naît brusquement, et s'éteint pour être remplacée par une autre, et cela en chaque point incandescent. Je ne crois pas légitime d'appliquer la formule de Fourier à un ensemble aussi confus et rempli de discontinuités de toutes sortes (*Comptes rendus*, 12 février).

» Nous sommes ici dans le domaine mathématique, où un peu plus de précision serait désirable. Le nombre des termes importe peu, s'il est fini; on applique tous les jours les théorèmes généraux de la Mécanique à des ensembles d'un nombre immense de molécules, et personne ne s'étonne plus de voir calculer la marche des ondes sonores qui s'entre-croisent en tous sens dans l'air. L'essentiel, ce n'est pas que la fonction considérée soit plus ou moins simple, c'est qu'elle soit de telle nature qu'on puisse légitimement lui appliquer le procédé de calcul dont on fait usage. M. Carvallo ne croit pas qu'il soit légitime ici d'appliquer les formules de Fourier; c'est là le point à examiner.

» Le mot de *discontinuités* qu'emploie l'auteur a sans doute dépassé sa pensée. On ne saurait admettre que la vitesse vibratoire soit discontinue, puisque l'accélération ne peut devenir infinie; quand on parle de vibrations naissant subitement, ou s'éteignant de même, on sait bien que cela n'est pas rigoureux au point de vue mathématique, et c'est justement de cela qu'il s'agit.

» Du reste ces « discontinuités de toutes sortes » ne seraient pas un obstacle. D'après le Mémoire classique de Dirichlet (2), la vitesse vibra-

(1) *Philosophical Magazine*, t. XXXVII, p. 509.

(2) *Journal de Crelle*, t. 4.

toire pourra être représentée par la série de Fourier dans un intervalle fini quelconque, pourvu que, dans cet intervalle, ses discontinuités, ainsi que ses maxima, soient en nombre fini. Je ne crois pas qu'on puisse mettre en doute que ces conditions soient en effet réalisées.

» Il me semble que, sur cette question de la légitimité du développement de Fourier, l'opinion unanime a été jusqu'ici que les fonctions qui expriment les phénomènes naturels satisfont toujours aux conditions, du reste très larges, qui légitiment ce développement; quand Fourier et ses imitateurs représentaient ainsi leurs fonctions arbitraires, ils croyaient bien obtenir les solutions générales des problèmes qu'ils abordaient, et ne pensaient pas laisser de côté certains cas susceptibles de se trouver réalisés dans la nature. On ne saurait adopter l'opinion contraire sans rejeter une notable partie de la physique théorique, et assurément ce ne sera pas sans de bonnes raisons mathématiques, que M. Carvallo ne me semble pas apporter dans le débat.

» Celui-ci me paraît arrivé à son terme; pour répondre aux objections et aux doutes émis par un savant distingué, j'ai passé en revue les points essentiels de la théorie, et le reste se trouve exposé avec des développements suffisants dans le travail cité plus haut, et dans les publications de divers auteurs. »

PHYSIQUE. — *Sur l'interprétation de l'effet thermomagnétique dans la théorie de Voigt.* Note de M. G. **Moreau**, présentée par M. J. Violle.

« Je demande à l'Académie la permission de montrer que mon interprétation [1] de l'effet thermomagnétique de Nernst diffère de celle de M. Voigt [2] et qu'elle paraît confirmée par l'expérience.

» I. Je considère une chaîne formée par un métal M et du plomb, les soudures étant à des températures différentes. En un point (x, y, z) de M, si X, Y, Z sont les composantes de la force électromotrice thermo-électrique par unité de longueur, on a, d'après M. Voigt,

$$(1) \qquad X = \Theta' \frac{\partial T}{\partial x}, \qquad Y = \Theta' \frac{\partial T}{\partial y}, \qquad Z = \Theta' \frac{\partial T}{\partial z} \qquad \text{où} \qquad \Theta' = \frac{\partial \Theta}{\partial T},$$

Θ est une fonction de la température absolue T et caractérise le métal M.

---

[1] *Comptes rendus,* 15 janvier 1900.

[2] *Comptes rendus,* 5 février 1900.

» On déduit facilement des équations (1), pour la force électromotrice du couple, le courant *allant du métal au plomb à travers la soudure chaude,*

$$E_T^{T+dT} = [(\Theta_M)_{T+dT} - (\Theta_M)]_T - [(\Theta_{Pb})_{T+dT} - (\Theta_{Pb})_T],$$

d'où pour le pouvoir thermo-électrique de M, par rapport au plomb,

$$(2) \qquad \varphi = \frac{\partial E}{\partial T} = \Theta'_M - \Theta'_{Pb}.$$

» Par ailleurs, M. Voigt établit pour la chaleur spécifique σ_T du métal M (en mesures mécaniques)

$$\sigma_T = -T\frac{\partial^2 \Theta_M}{\partial T^2}.$$

» Cette formule appliquée au plomb où $\sigma_T = 0$, nous donne $\Theta'_{Pb} =$ constante. En admettant que cette constante est nulle, la formule (2) donne

$$(3) \qquad \varphi = \Theta'_M.$$

» II. Supposons qu'une lame mince du métal M soit placée dans un champ magnétique H, normalement aux lignes de force, le plan des XY coïncidant avec le plan de la lame qui sera traversée par un courant de chaleur allant dans la direction OY. Les équations (1) donnent

$$X = 0, \qquad Y = \Theta'_M \frac{\partial T}{\partial y}, \qquad Z = 0.$$

» M. Voigt suppose que la force électromotrice Y tourne sous l'action du champ comme la force électromotrice du courant primaire dans le phénomène de Hall. On obtient alors, suivant l'axe OX, une force électromotrice transversale X_1 qui, rapportée à l'unité de longueur, est

$$X_1 = -\frac{c}{\rho}\Theta'_M \frac{\partial T}{\partial y} H, \qquad \begin{cases} c, \text{ coefficient de Hall,} \\ \rho, \text{ résistivité du métal,} \end{cases}$$

ou, d'après l'équation (3),

$$(4) \qquad X_1 = -\frac{c}{\rho}\varphi\frac{\partial T}{\partial y} H.$$

» Cette formule (4) donne l'effet thermomagnétique d'après M. Voigt.

» III. En admettant que, *seules,* les forces électromotrices thermo-électriques relatives à l'effet Thomson tournent sous l'action du champ, j'ai obtenu la formule

$$X_2 = K H \frac{\partial T}{\partial y},$$

où $K = \frac{\sigma c}{\rho}$, σ étant la chaleur spécifique d'électricité.

» Or

$$\sigma = -T\frac{\partial \varphi}{\partial T};$$

donc

$$X_2 = -\frac{c}{\rho} T \frac{\partial\varphi}{\partial T} H \frac{\partial T}{\partial y}. \tag{5}$$

» Les formules (4) et (5) sont assez différentes pour que l'expérience nous permette de conclure en faveur de l'une ou de l'autre.

» Dans le Tableau suivant, j'ai comparé ces formules aux expériences de Nernst à 20°. Dans la cinquième colonne, j'ai reproduit les nombres de ma première Note rappelée plus haut.

	c_{20} (Nernst).	φ_{20}.	$-\frac{c}{\rho}\varphi_{20}$ (For. 4).	$K = \frac{\sigma c}{\rho}$ (For. 5).	K obs. (Nernst).
Bismuth....	−10,1	+8800 ou +6400	+0,337 (+8800) ; +0,246 (+6400)	+0,149	+0,196
Antimoine..	+ 0,192	−2240	+0,0097	+0,0090	+0,0094
Nickel......	− 0,024	+2280	+0,0039	−0,0026	+0,0073
Cobalt......	+ 0,0046	+2200	−0,00094	−0,00175	+0,00154
Fer.........	+ 0,0113	−1619	+0,0018	−0,00156	−0,00156
Acier.......	+ 0,0175	−1731	+0,00114	−0,00062	−0,00060
Cuivre.....	− 0,00052	−152	−0,000047	−0,000084	−0,000073
Zinc........	− 0,00041	−279	−0,000018	−0,000046	−0,000054

» Dans la seconde et les trois dernières colonnes, le signe + indique que le phénomène a le sens de l'action du champ magnétique sur le courant primaire de Hall. Les valeurs du pouvoir thermo-électrique φ_{20} ont été déduites des observations de Mathiessen et Tait. Pour le bismuth, M. Voigt a pris 6400. Pour ce corps, la vérification me paraît illusoire, car tous les éléments qui interviennent varient avec le champ magnétique.

» On peut ajouter au Tableau précédent celui qui résulte de mes propres recherches ([1]) au zéro centigrade. Pour les trois corps étudiés, j'ai déterminé, *sur le même échantillon,* les coefficients c, φ, σ, ρ et K (ces mesures sont indispensables pour une vérification rigoureuse des formules) et j'ai montré que l'équation (5) était exactement suivie.

	c_0.	φ_0.	$-\frac{c_0}{\rho_0}\varphi_0$ (For. 4).	K_0 observé.
Fer doux........	+0,00837	−1062	+0,000636	−0,000646
Acier doux.......	+0,00662	−1351	+0,000814	−0,000596
Cobalt...........	+0,00399	+1318	−0,000512	−0,00146

» Il me semble résulter des nombres précédents que la formule (5) suit mieux les résultats expérimentaux que celle de M. Voigt : pour le fer et l'acier, celle-ci donne même un phénomène de sens opposé à celui qui est observé. Néanmoins, je me suis demandé si les écarts disparaîtraient

---

([1]) *Comptes rendus,* 12 février 1900.

en admettant que Θ'_{Pb} n'est pas nul. En ajoutant à φ dans l'équation (4) une constante égale à Θ'_{Pb}, constante qu'on détermine de façon que la formule de M. Voigt suive exactement l'observation, on trouve des valeurs différentes en grandeur et en signe. Cette dernière hypothèse est donc inadmissible. Je crois alors pouvoir conclure que sous l'action du champ, *seules* les forces thermo-électriques relatives à l'effet Thomson, subissent l'effet Hall. Je tiens à ajouter que *ma Note n'infirme en rien la théorie de M. Voigt en ce qui regarde les phénomènes thermo-électriques en dehors du champ.* »

ÉLECTROCHIMIE. — *Remarque relative à une Note récente* de M. Th. Tomasina, *sur la cristallisation métallique par transport électrique de certains métaux dans l'eau distillée;* par M. **D. Tommasi**.

« En publiant sa Note insérée aux *Comptes rendus* de la séance du 5 février, M. Th. Tomasina paraît ignorer que, dans une Note présentée à l'Académie le 3 avril 1882, j'avais démontré que certains métaux peuvent fournir des dépôts cristallisés, s'ils sont employés comme anodes dans l'électrolyse de l'eau distillée. Qu'il me soit permis de rappeler ici, en quelques mots, les principaux faits que j'avais observés :

» 1° Dans un tube en U, rempli d'eau distillée, on plonge une anode en argent et une cathode en platine, reliées aux pôles d'une pile de six éléments de Bunsen. Après dix-huit heures, on retrouve toute la partie courbe du tube recouverte de cristaux constitués par un mélange d'oxyde d'argent et d'argent métallique.

» 2° Si, dans l'expérience précédente, on remplace l'anode en argent par une anode en cuivre, on obtient un très beau dépôt de cuivre cristallisé, adhérent aux parois du tube. On observe également un dépôt de cuivre sur la lame de platine servant de cathode [1]. »

PHYSICO-CHIMIE. — *De l'association des molécules chez les corps liquides.* Note de M. **Daniel Berthelot**, présentée par M. H. Becquerel.

« D'après la loi des états correspondants, la fonction $f(p, v, t) = 0$ relative à un fluide est entièrement définie par trois constantes caractéristiques

---

(1) Voir pour plus de détails mon *Traité d'Électrochimie*, p. 490.

de ce corps. Dès lors, si l'on connaît sa température critique T_c, sa pression critique p_c et son poids moléculaire M, on peut calculer sa densité d à une température T et à une pression p, aussi bien à l'état liquide qu'à l'état gazeux. Réciproquement, si l'on connaît p_c, T_c et une densité quelconque d, liquide ou gazeuse, on peut en déduire M.

» Le facteur par lequel il faut multiplier la densité actuelle d'un fluide pour obtenir sa densité théorique (celle qu'il aurait au même point s'il suivait les lois des gaz parfaits) est $v_m = K \frac{\pi \upsilon}{\theta}$, en posant $\pi = p : p_c$, $\theta = T : T_c$, $\upsilon = v : v_c$. J'ai publié les courbes qui figurent la variation de la fonction v_m, si l'on admet l'équation de Van der Waals. Elles ne donnent de bons résultats que dans la mesure où l'équation de Van der Waals suit les isothermes expérimentaux. Cette équation, il est vrai, représente médiocrement la région qui s'étend du point critique à l'état gazeux parfait. Mais comme l'expérience montre que la loi des états correspondants s'applique encore dans cette région, il suffit, pour relier la densité du gaz très raréfié (c'est-à-dire son poids moléculaire) à sa densité critique, de savoir qu'il existe au point critique un rapport constant, le même pour tous les corps, entre le volume réel d'un fluide et son volume théorique calculé en le supposant à l'état de gaz parfait. Ce rapport, d'après les expériences de M. Amagat sur l'anhydride carbonique, peut être pris égal à 1 : 3,6.

» On rattachera ensuite la densité du liquide à la densité critique par l'équation de Van der Waals, légèrement modifiée. J'ai fait voir, en effet, qu'elle représente bien les isothermes liquides, au moins pour des pressions inférieures à $20 p_c$, à condition de regarder le covolume comme fonction de la température. Je poserai donc

$$\pi = \frac{8\theta}{3\upsilon - \omega} - \frac{3}{\upsilon^2}.$$

» L'expérience montre que le facteur de température ω, égal à 1 au point critique, prend la valeur 0,850 à la température $T = 0{,}5 T_c$, et que dans l'intervalle il peut être représenté par la formule empirique

$$\omega = e^{0{,}475(\theta-1) - 0{,}300(\theta-1)^2}.$$

» Ceci posé, nous avons tous les éléments nécessaires pour déduire le poids moléculaire d'un corps de sa densité liquide. Soit M′ le poids ainsi calculé, soit M le poids moléculaire qui résulte de la formule chimique, je poserai $i = M' : M$. Si le corps est normal, i sera voisin de 1; s'il est dissocié, on aura $i < 1$; si ses molécules sont associées, on aura $i > 1$.

» Considérons, par exemple, le sulfure de carbone. Ses constantes critiques sont $t_c = 273°$ C., $p_c = 79^{atm}$, $d_c = 0{,}431$. On en déduit $M' = 73{,}4$, comme $M = 76{,}1$, $i = 0{,}964$. Pour le chlorure d'éthyle, on a $t_c = 182°$ C., $p_c = 53^{atm}$, $d_c = 0{,}329$. On en déduit $M' = 64{,}4$; or $M = 64{,}5$; donc $i = 0{,}999$.

» La valeur de i pour CS^2 diffère de 1 d'un peu plus de 3 pour 100. Cet écart est explicable par l'incertitude sur les données critiques, et par le fait que la loi des états correspondants n'est pas absolument rigoureuse. Au point critique, les molécules du sulfure de carbone et du chlorure d'éthyle ont donc les mêmes grandeurs qu'à l'état gazeux.

» Voici maintenant les valeurs de i que l'on déduit des densités d liquides observées par M. Amagat jusque sous de fortes pressions :

			Atmosphères.							
			1.	200.	400.	500.	600.	800.	1000.	1200.
Sulfure de carbone.	Isotherme de 0° ($\theta = 0,500$)	d....	1,293	1,312	»	1,337	1,345	1,360	1,373	1,386
		i.....	0,965	0,962	»	0,961	0,962	0,964	0,966	0,968
	Isotherme de 29°,95 ($\theta = 0,555$)	d....	1,248	»	»	1,301	1.309	1,324	1,340	1,354
		i.....	0,966	»	»	0,961	0,961	0,962	0,965	0,968
	Isotherme de 49°,15 ($\theta = 0,590$)	d....	1,219	»	»	»	»	1,304	1,319	1,334
		i.....	0,968	»	»	»	»	0,964	0,965	0,967
Chlorure d'éthyle.	Isotherme de 0° ($\theta = 0,600$)	d....	0,9210	0,9436	0,9625	»	0,9789	0,9930	1,0057	1,0177
		i.....	0,999	0,988	0,982	»	0,983	0,984	0,986	0,990
	Isotherme de 44° ($\theta = 0,697$)	d....	»	»	0,9114	»	0,9324	0,9496	0,9649	0,9790
		i.....	»	»	0,988	»	0,987	0,988	0,991	0,994

» Les valeurs de i se confondent à 1 pour 100 près avec celles qu'on a déduites de la densité critique. Les molécules de ces corps ne manifestent aucune tendance à s'associer à l'état liquide.

» Examinons maintenant la série des alcools. Voici les valeurs de i déduites des constantes critiques de MM. Ramsay et S. Young:

	t_c (centigr.).	p_c.	d_c.	M'.	M.	i.
Alcool méthylique	240°	78,6 atm	0,2705	40,24	32,03	1,256
Alcool éthylique.........	243	63,2	0,2750	51,34	46,05	1,115
Alcool propylique........	263,7	50,2	0,2752	67,06	60,07	1,116

» Les valeurs de i sont nettement supérieures à l'unité. Les molécules des trois alcools, principalement de l'alcool méthylique, sont donc en partie associées au point critique. C'est ce qu'a déjà fait remarquer M. Young.

» Voici maintenant les valeurs de i déduites des densités liquides observées par M. Amagat.

			Atmosphères.							
			1.	100.	200.	400.	500.	700.	1000.	1300.
Alcool méthylique	Isotherme de 0°	d....	0,8140	0,8216	0,8287	0,8417	0,8476	0,8584	0,8730	0,8859
	($\theta = 0,5322$)	i....	1,284	1,282	1,281	1,282	1,283	1,286	1,292	1,298
	Isotherme de 30°,05	d....	0,7798	»	»	0,8122	0,8187	0,8306	0,8470	0,8614
	($\theta = 0,5907$)	i....	1,283	»	»	1,279	1,281	1,281	1,287	1,294
Alcool éthylique	Isotherme de 0°	d....	0,8060	0,8134	0,8202	0,8326	0,8382	0,8489	0,8626	0,8754
	($\theta = 0,5291$)	i....	1,107	1,103	1,099	1,099	1,098	1,099	1,105	1,111
	Isotherme de 30°,65	d....	0,7800	»	»	0,8107	0,8172	0,8288	0,8438	0,8572
	($\theta = 0,5884$)	i....	1,119	»	»	1,105	1,104	1,105	1,107	1,111
Alcool propylique	Isotherme de 0°	d....	0,8193	0,8259	0,8322	0,8434	0,8486	0,8585	0,8711	0,8829
	($\theta = 0,5087$)	i....	1,111	1,105	1,100	1,096	1,096	1,096	1,097	1,117
	Isotherme de 39°,75	d....	0,7873	»	»	0,8164	0,8226	0,8336	0,8481	0,8610
	($\theta = 0,5827$)	i....	1,124	»	»	1,100	1,099	1,099	1,099	1,102

» Ce Tableau montre que, même sous de fortes pressions et à des températures relativement basses, les valeurs de i ne s'écartent pas plus des valeurs déduites de la densité critique que cela n'a lieu pour les corps normaux [1]. En d'autres termes, les alcools, à l'état liquide, obéissent à la loi des états correspondants. On doit conclure de là que les molécules liquides des trois alcools sont partiellement associées, mais que le facteur d'association est très peu influencé par la température et la pression et reste à peu près le même dans toute l'étendue de l'état liquide.

» Si l'on essaie le même calcul sur les densités de l'eau, on trouve, au contraire, de notables variations de i. L'eau n'obéit pas à la loi des états correspondants, ses molécules sont fortement associées, mais le facteur d'association varie avec la température et la pression.

» Pour traiter complètement ce cas, il faudrait voir ce que devient l'équation $(p + a : v^2)(v + b) = m\mathrm{RT}$ quand m, au lieu d'être constant, varie avec p et T, et quelle forme prend alors l'équation réduite. Une étude analytique sur ce point serait nécessaire pour discuter les expériences et déterminer exactement le facteur d'association. »

---

[1] Sauf pour l'alcool méthylique, où il y a une augmentation de 3 pour 100. Il se peut pourtant que cette différence tienne à ce que la densité critique 0,2705 de M. Young soit un peu basse et doive être portée à 0,275 (Voir MATHIAS, *Journal de Physique*, 3e série, t. II, p. 226; 1893).

CHIMIE. — *De l'oxydation par voie de déshydrogénation au moyen des ferricyanures. Oxydation du camphre.* Note de M. **A. Étard**, présentée par M. Henri Moissan.

« On admet encore que les agents d'oxydation peuvent être forts, moyens ou faibles.

» J'ai démontré, en 1881, que les résultats d'une oxydation dépendent uniquement de la nature spécifique des combinaisons qui se forment tout d'abord par addition et des transformations ultérieures de ces dernières. Ainsi, le chlorure de chromyle, un des corps les plus destructeurs que l'on connaisse, n'engendre que des matières faiblement oxydées et même réductrices : les aldéhydes.

» On sait que les permanganates, qui ont permis à M. Berthelot de réaliser des synthèses aujourd'hui classiques, ont été tout d'abord peu usités en Chimie organique comme trop violents. Depuis, ils sont entrés dans la pratique courante et R. Meyer a montré que ces corps ont, eux aussi, une action spécifique sur les corps lacunaires auxquels ils ajoutent $H^2O + O$, soit $2(OH)$. Il arrive ainsi que ces corps fragiles, malgré la violence supposée de l'agent d'oxydation, sont convertis simplement en glycols.

» Il faut donc de plus en plus déterminer l'action définie de chacun des nombreux oxydants connus, par rapport aux fonctions des corps à oxyder et en vue des résultats à obtenir.

» L'étude de l'action chimique produite par les ferricyanures en solution alcaline se signale à l'attention par ce fait que sous le nom de réactif de Brouardel et Boutmy ils ont souvent été employés comme réactif coloré qualitatif, surtout pour les alcaloïdes.

» Les raisons qui précèdent m'ont engagé à rechercher le mode d'action des ferricyanures que K. Buchka en 1887 nomme encore *oxydants faibles*. Cette opinion ne me paraît pas avoir changé et, dans les expériences faites depuis cette époque, les ferricyanures ont été essayés comme oxydants de hasard, sans règle d'ensemble.

» Une expérience ancienne [1] a par la suite attiré mon attention sur les propriétés spécifiques des ferricyanures. Quand on oxyde la nicotine par

(1) A. Cahours et A. Etard, *Comptes rendus*, 1880.

les acides azotique ou chromique il se fait toujours un acide carboxylé, l'acide nicotianique, et la base perd du carbone. Avec les ferricyanures alcalins il ne se fait pas de carboxyle — CO^2H. L'oxydation a lieu non par addition d'oxygène mais par simple perte d'hydrogène :

$$C^{10}H^{14}Az^2 + O^2 = C^{10}H^{10}Az^2 + 2HO^2.$$

» A la suite de cette observation j'ai relevé dans la bibliographie chimique plusieurs faits du même ordre et qui n'avaient pas été rattachés à une idée commune.

» 1° Conversion de l'hydrotropine $C^8H^{17}AzO$ en paratropine $C^8H^{15}AzO$ (Ladenburg, *Berichte;* 1891).

» 2° Déshydrogénation d'une éthylène-phénylène diamine $C^6H^4Az^2 = C^2H^4$ en dérivé acétylénique $C^6A^4Az^2 = C^2H^2$ (Merz, *Berichte;* t. XXII).

» 3° Déshydrogénation de la thioanilide anisique $C^6H^5AzHCSC^6H^5OCH^3$ passant à l'état de $C^6H^4 = SAz \equiv C^6H^4OCH^3$ (K. Tust et L. Gattermann, *Berichte;* 1892).

» 4° Conversion de l'oxyde de méthylquinolonium en une quinolone par perte de H^2 (H. Decker, *Berichte;* 1892).

» 5° Les ammoniums des alkylpyridines deviennent des pyridones (Pechmann, *Berichte;* t. XXIV).

» 6° L'amidoacétone $H^2Az - CH^2 - CO - CH^3$ perd de l'hydrogène et se double en un cycle paradiméthylé (S. Gabriel et Pinkus, *Berichte;* t. XXVI).

» 7° J'ai observé que la conicine se convertit aisément en α-propylpyridine.

» Ces huit observations établissent déjà que le ferricyanure alcalin doit être considéré comme un instrument spécial de déshydrogénation des corps azotés.

» Il n'y a pas de raison pour que les molécules non azotées présentant par leur constitution des hydrogènes en état d'être enlevés sans perte de carbone ne donnent pas de résultats analogues. C'est ce que j'ai voulu vérifier sur le camphre, matière exigeant des oxydants *forts*.

» L'un des fragments de la molécule du camphre contient le groupement (1)

$$\begin{array}{cc} =C & -CO \\ | & | \\ -CH & -CH^2 \end{array} + 3O = \begin{array}{cc} =C & -CO^2H \\ | & \\ -CH & -CO^2H \end{array}.$$
$$\qquad (1) \qquad\qquad\qquad\qquad (2)$$

» Il y avait lieu de penser que le ferricyanure oxydant réputé faible, mais assurément spécifique, attaquerait tout d'abord l'hydrogène voisin du groupe CO. Cela se vérifie et par voie de conséquence le cycle devenu ins-

table prend, en outre, de l'oxygène, sans perdre de carbone et donne l'acide camphorique (2).

» L'expérience se réalise en emplissant une allonge de camphre solide ayant la grosseur de noisettes. Quelques heures après avoir rempli de ferricyanure alcalin brun, la liqueur se colore en jaune, il se dépose de gros cristaux de ferrocyanure sur le camphre et l'on peut faire passer une nouvelle dose de liqueur oxydante. Après séparation du ferrocyanure des eaux, par cristallisation, il est facile d'enlever l'acide camphorique produit au moyen de l'alcool et de l'identifier par les procédés connus.

Les ferrocyanures et ferricyanures forment, comme on sait, de nombreux précipités caractéristiques avec les alcaloïdes et d'autres matières azotées, l'acte d'addition primitif est donc évident dans ces cas. L'exemple que je viens de donner du camphre, celui des soudures acétyléniques de Baeyer font espérer qu'on trouvera des combinaisons de ferricyanures et de corps non azotés précédant l'oxydation sans perte de carbone.

» *Conclusions.* — 1° Les ferricyanures sont des oxydants spécifiques; 2° Ils agissent plus spécialement sur les corps azotés par déshydrogénation; 3° Il n'y a pas d'agents d'oxydation forts ou faibles, mais des points de combinaison et de décomposition dépendant des structures relatives de l'agent oxydant et du corps oxydé. »

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur l'iodure de dimercurammonium anhydre amorphe et cristallisé.* Note de M. **Maurice François**, présentée par M. H. Moissan.

« Weyl dit avoir obtenu l'iodure de dimercurammonium anhydre en traitant sous pression l'iodure mercurique par l'ammoniaque liquéfiée; il le considère comme un corps très instable et à peine entrevu. On a considéré jusqu'ici l'iodure de dimercurammonium obtenu par l'action de l'ammoniaque sur l'iodure mercurique et sur l'iodure de mercurdiammonium, comme hydraté. Ou bien on lui attribuait la formule Hg^2AzI, H^2O; ou bien, faisant entrer l'oxygène dans sa constitution, on l'écrivait

$$\begin{matrix} HOHg \searrow \\ Hg = Az - I, \\ H \nearrow \end{matrix}$$

formule dans laquelle HgOH est considéré comme un groupement monoatomique. L'étude de l'iodure de dimercurammonium me conduit à ad-

mettre qu'il est toujours anhydre. Sa formule répond à Hg^2AzI; il est excessivement stable, contrairement à ce qu'en dit Weyl.

» La préparation au moyen de l'ammoniaque concentrée agissant sur l'iodure de mercurdiammonium ou sur l'iodure mercurique donne l'iodure pur et anhydre, si l'on emploie un volume suffisant d'ammoniaque; mais elle exige de grandes quantités d'ammoniaque, elle est donc peu avantageuse. Il est plus rapide et plus économique de s'adresser à l'action déjà connue des solutions concentrées de potasse ou de soude sur l'iodure de mercurdiammonium, action limitée et réversible comme la précédente.

» *Iodure de dimercurammonium amorphe.* — 30gr d'iodure mercurique sont délayés soigneusement dans un mortier de verre dans 30cc d'ammoniaque (D = 923). On fait passer la pâte molle dans un flacon à émeri et on lave le mortier avec 30cc d'ammoniaque. On abandonne dans le flacon pendant vingt-quatre heures. Au bout de ce temps, on transvase la masse blanche (iodure de mercurdiammonium) du flacon dans un mortier et l'on ajoute 90cc de soude à 25gr par 100cc. On broie bien et l'on abandonne sous une cloche pendant cinq jours, en remuant de temps à autre la masse. On décante la soude claire sur un entonnoir garni d'un tampon de coton, on ajoute le précipité et l'on essore à la trompe.

» La matière est reprise par 90cc de soude à 25 pour 100 dans le mortier, laissée comme précédemment cinq jours et essorée à la trompe. On la reprend une troisième fois par 90cc de soude à 25 pour 100, on fait passer dans une capsule et chauffer deux heures au bain-marie bouillant.

» Il ne reste plus qu'à laver à l'eau par décantation et à sécher à 50°. On obtient 18gr d'iodure de dimercurammonium pur. L'analyse donne :

Mercure pour 100 : 73,77; Iode pour 100 : 23,56; Azote pour 100 : 2,53.

» On remarque que dans cette analyse, le mercure ayant été pesé à l'état de métal pur, son dosage ne peut comporter qu'une erreur par défaut.

» Théorie pour Hg^2AzI :

Mercure pour 100 : 73,93; Iode pour 100 : 23,57; Azote pour 100 : 2,60.

» Théorie pour Hg^2AzIH^2O :

Mercure pour 100 : 71,55; Iode pour 100 : 22,71; Azote pour 100 : 2,50.

» *Iodure de dimercurammonium cristallisé.* — Jusqu'ici, ce corps n'avait été obtenu qu'amorphe; complètement insoluble, il ne peut être obtenu cristallisé par les moyens ordinaires. Cependant l'iodure de dimercurammonium est cristallisé toutes les fois que sa formation a été très lente.

» D'autre part, si l'on prend les liquides en état d'équilibre résultant de l'action de l'ammoniaque concentrée sur un excès de $HgI^2, 2AzH^3$ (1) et si on les additionne d'un volume suffisant d'ammoniaque, à la même concentration, la teneur en AzH^4I libre, qui permettait à l'iodure de mercurdiammonium d'exister en solution, est abaissée;

l'équilibre est rompu; HgI^2, $2AzH^3$ dissous ne peut plus exister et se transforme en Hg^2AzI. Or, au lieu de se déposer subitement, il se dépose lentement en cristaux très nets. On procède de la façon suivante :

» On délaye au mortier 10^{gr} d'iodure mercurique dans 50^{cc} d'ammoniaque ($D = 0,923$). Quand la masse est devenue blanche, on la fait passer dans un flacon à émeri contenant 700^{cc} de la même ammoniaque. On laisse huit jours en agitant une à deux fois par jour. Un volume de ce liquide filtré étant mélangé dans un flacon bien sec avec deux volumes d'ammoniaque pure de même densité, il se produit après vingt-quatre heures ou quarante-huit heures un dépôt de petits cristaux presque noirs, dépôt qui augmente pendant une dizaine de jours. On recueille ces cristaux sur un filtre et après dessiccation à l'air on les lave à l'éther. Le rendement est de $0^{gr},800$ pour les proportions indiquées ci-dessus ($T = 20°$).

» L'analyse fournit les chiffres suivants :

Mercure pour 100.. 73,64 Iode pour 100.. 23,51 Azote pour 100.. 2,61

» L'iodure de dimercurammonium cristallisé est pourpre foncé en masse. Les cristaux observés au microscope sont brun rouge foncé par transparence; leurs facettes sont d'une netteté remarquable. »

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur le dosage de l'ammoniaque et de l'azote.* Note de MM. A. **Villiers** et E. **Dumesnil**, présentée par M. H. Moissan.

« On a souvent signalé l'inexactitude des dosages acidimétriques, lorsqu'on opère en présence des sels ammoniacaux; l'erreur que l'on peut commettre, faible lorsqu'on emploie certains indicateurs, tels que le tournesol, peut, dans d'autres cas, par exemple avec la phtaléine du phénol, facilement atteindre 25 à 30 pour 100. Même lorsqu'on a recours aux indicateurs qui donnent les résultats les moins inexacts, les virages manquent de netteté et les méthodes acidimétriques perdent une grande partie de la précision qu'elles présentent en l'absence des sels ammoniacaux.

» L'influence fâcheuse de ces derniers ne se fait pas seulement sentir sur les essais acidimétriques; elle est encore une cause constante d'erreur dans le dosage de l'ammoniaque par les procédés de Schlœsing, et dans celui de l'azote par le procédé de Will et Warrentrapp, modifié par Peligot, ou par le procédé de Kjeldahl. Suivant les indicateurs employés, les résultats sont plus ou moins inexacts; en outre, l'erreur, loin d'être constante, est d'autant plus grande que la neutralisation partielle par l'ammoniaque de l'acide sulfurique titré est plus avancée.

» Il est cependant inutile d'insister sur l'intérêt que présente cette

question. Le dosage de l'ammoniaque et de l'azote est un de ceux que l'on a à effectuer le plus fréquemment; il en est de même de celui de l'azote, soit dans les recherches de laboratoire, soit dans les analyses agricoles et industrielles, dont dépendent souvent des intérêts considérables. Or, il est certain que, jusqu'ici, ces dosages n'ont pu être faits que d'une manière approximative.

» Pour le dosage de l'azote, dans les cas où il est applicable, le procédé par transformation en ammoniaque devrait donner des résultats plus précis que le procédé en volume de Dumas; il est, en réalité, souvent moins exact, et Peligot, s'il a rendu plus rapide le procédé de Will et Warrentrapp, en y remplaçant par un dosage volumétrique la pesée de l'ammoniaque à l'état de chloroplatinate, on a, en même temps, diminué l'exactitude, bien que le dosage de l'ammoniaque à l'état de chloroplatinate, ne soit pas lui-même un des procédés par pesée les plus précis que l'on puisse employer.

» Il est facile, par une modification très simple, de déterminer le poids de l'ammoniaque, ou de l'azote, avec une rigueur absolue. Il suffit de remplacer le dosage volumétrique de l'ammoniaque par un dosage par pesée, à l'état de chlorhydrate d'ammoniaque. Bien que l'opération soit plus longue et qu'elle exige une évaporation et une dessiccation, elle est, en réalité, d'une pratique plus simple encore qu'un dosage volumétrique, puisque, la dessiccation terminée, on n'a plus à faire qu'une pesée unique, et la longueur du dosage est largement compensée par la parfaite exactitude des résultats.

» Supposons d'abord qu'il s'agisse de doser l'ammoniaque libre ou à l'état de sel : on la met en liberté, par distillation, en présence de la potasse ou de la soude, s'il n'y a pas de matières organiques azotées; si l'on se trouve en présence de ces dernières, on remplace l'alcali par la magnésie, ou l'on opère à froid, sous une cloche, avec un lait de chaux ou une solution de potasse ou de soude. On se sert des mêmes appareils et l'on procède de même que dans la méthode de Schlœsing; mais, au lieu d'absorber l'ammoniaque avec de l'acide sulfurique titré, on remplace celui-ci par de l'acide chlorhydrique dilué. Ce dernier peut être à un titre quelconque; on peut en faire varier le volume et la concentration, suivant les quantités d'ammoniaque qui peuvent être prévues par la nature des mélanges à analyser; il suffit d'en employer un excès; si cet excès est considérable, il n'en résultera d'autre inconvénient que la production de vapeurs acides, à la fin de l'évaporation.

» On fait usage de l'appareil de Schlœsing, ou de Aubin et Alla; on introduit dans le ballon la liqueur additionnée de soude en excès et uue lame de zinc. Le tube effilé qui termine le serpentin plonge dans un petit ballon de 200^{cc} à 250^{cc} renfermant 15^{cc} à 20^{cc} d'eau distillée, additionnée de 2^{cc} ou 3^{cc} d'acide chlorhydrique pur, quantité généralement suffisante avec les proportions ordinaires d'un dosage. La quantité que l'on doit distiller varie avec le volume du liquide et l'on ne doit pas se contenter de recueillir les 50 premiers centimètres cubes, ainsi que l'indiquent quelques auteurs, car on s'exposerait à laisser dans le ballon distillatoire une partie de l'ammoniaque; il faut toujours, après avoir distillé au moins le tiers du liquide, vérifier qu'en détachant le tube effilé et en recueillant directement une ou deux gouttes à l'extrémité du serpentin, on n'obtient plus de coloration par le réactif de Nessler.

» Le liquide contenant toute l'ammoniaque de la prise d'essai à l'état de chlorhydrate, en présence d'un excès d'acide chlorhydrique, ainsi que les eaux de lavage du petit ballon et du tube effilé, sont évaporés dans une capsule de porcelaine dont on chauffe le fond avec un bec Bunsen, sans atteindre l'ébullition et en évitant de chauffer latéralement. Lorsqu'il ne reste plus que 20^{cc} à 25^{cc} de liquide, on l'introduit dans une fiole conique, à fond plat, d'environ 100^{cc}, en y ajoutant l'eau avec laquelle on a rincé soigneusement la capsule. L'emploi de fioles coniques, pour la dessiccation, empêche les pertes qui pourraient se produire dans une capsule, par suite de la propriété que présentent les sels ammoniacaux de grimper sur les parois.

» On termine l'évaporation et la dessiccation dans une étuve à 105°. Au bout de vingt heures, l'eau et l'acide chlorhydrique en excès sont complètement volatilisés, sans que le chlorhydrate d'ammoniaque ait subi aucune perte par volatilisation ou dissociation. On pèse la fiole, après refroidissement dans l'air sec. L'augmentation du poids, multipliée par 0,31775 ou par 0,26168, donne le poids de l'ammoniaque ou de l'azote correspondant ($0^{gr},2352$ et $0^{gr},3545$ de AzH^4Cl pur et sec, soumis à la distillation avec de la soude, nous ont ainsi donné 0,2352 et 0,3547; nous avons trouvé les mêmes poids, après avoir prolongé la dessiccation soixante-douze heures).

» On doit vérifier, avec l'appareil distillatoire employé, qu'il ne se produit aucun entraînement mécanique de soude. Avec un appareil dont le tube de dégagement s'élevait verticalement de $0^{m},30$ au-dessus du ballon avant de se réunir au réfrigérant, nous avons eu des surcharges de $0^{gr},012$ et $0^{gr},016$ de chlorure de sodium. Cet inconvénient n'est pas à craindre, si l'on se sert d'un ballon à col incliné communiquant avec un serpentin ascendant, comme celui des appareils Schlœsing ou Aubin et Alla.

» En second lieu, on doit vérifier que la soude employée ne donne pas à la distillation la plus petite quantité d'ammoniaque, comme le font beaucoup d'échantillons de soude et de potasse du commerce, vendues comme pures. S'il en était ainsi, on soumettrait les lessives alcalines, avant d'en faire usage, à une ébullition prolongée, jusqu'à ce que le produit de la distillation ne colore plus le réactif de Nessler.

» En troisième lieu, on doit s'assurer que l'acide chlorhydrique employé est volatilisable sans résidu.

» S'il s'agit d'un dosage d'azote, par le procédé de Kjeldahl, on opérera de même, sur le sulfate d'ammoniaque produit par l'action de l'acide sulfurique sur les matières azotées. Si l'on emploie le procédé par la chaux

sodée, on recueillera directement l'ammoniaque, dans le tube de Will et Warrentrapp contenant de l'acide chlorhydrique dilué. »

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Sur l'équilibre chimique d'un système dans lequel quatre corps gazeux sont en présence* [1]. Note de M. **H. Pélabon**, présentée par M. Troost.

« Considérons un système dans lequel des corps gazeux de poids moléculaires respectivement égaux à A_1, A_2, ... et des corps solides et liquides de poids moléculaires a_1, a_2, ... peuvent, en réagissant les uns sur les autres, donner naissance à d'autres corps, les uns gazeux : A'_1, A'_2, ...; les autres solides ou liquides : a'_1, a'_2, ... N_1, N_2, ...; n_1, n_2, ...; N'_1, N'_2, ...; n'_1, n'_2, ... désignant, pour chaque corps, le nombre de molécules réagissantes, on aura

$$N_1 A_1 + N_2 A_2 + \ldots + n_1 a_1 + n_2 a_2 + \ldots = N'_1 A'_1 + \ldots + n'_1 a'_1 + \ldots.$$

» Si, à une température déterminée T, un semblable système est en équilibre chimique et si, dans cet état particulier, les nombres P_1, P_2, ..., P'_1, P'_2, ... représentent les pressions partielles de chaque gaz dans le mélange, la Thermodynamique établit [2] que ces pressions partielles sont reliées entre elles et à la température par la relation

$$(1) \qquad \log \frac{P_1^{U_1} P_2^{U_2} \ldots}{P_1'^{U'_1} P_2'^{U'_2} \ldots} = F(T).$$

» Dans cette relation, les quantités U_1, U_2, ..., U'_1, U'_2, ... sont respectivement égales à

$$N_1 v, \quad N_2 v, \quad \ldots, \quad N'_1 v, \quad N'_2 v, \ldots,$$

v étant le volume occupé par le poids moléculaire des corps simples ou composés (exprimé avec la même unité de poids), ces corps étant considérés à l'état gazeux dans les mêmes conditions de température et de pression.

» Dans la relation (1), le symbole log signifie logarithme népérien.

» Nous nous sommes proposé de soumettre la relation (1) au contrôle

---

(1) Travail fait au laboratoire de Chimie générale de la Faculté des Sciences de Lille.

(2) P. Duhem, *Traité élémentaire de Mécanique chimique*, t. II, p. 365.

de l'expérience. C'est en étudiant l'action qu'exerce l'hydrogène sur le séléniure de mercure que nous avons pu réaliser un système dans lequel quatre corps gazeux se trouvent en présence.

» Les deux corps considérés, chauffés en tube scellé, donnent, en effet, de l'hydrogène sélénié et du mercure, et la réaction est limitée par la réaction inverse. Si l'on opère à des températures supérieures à 500°, on est certain d'avoir dans le tube de la vapeur de séléniure de mercure, vu que ce corps se sublime facilement à ces températures. On a donc, dans ces conditions, dans le tube scellé quatre corps gazeux : l'hydrogène avec une pression partielle P_1, le séléniure de mercure avec une pression P_2, l'hydrogène sélénié à la pression P'_1 et la vapeur de mercure à la pression P'_2.

» La réaction

$$HgSe + H^2 = H^2Se + Hg \tag{2}$$

montre que l'on a ici

$$N_1 = N_2 = N'_1 = N'_2 = 1$$

(étant donné que le mercure est monoatomique et l'hydrogène diatomique); par suite, l'égalité (1) peut s'écrire

$$\log \frac{P_1^\nu P_2^\nu}{P_1'^\nu P_2'^\nu} = F(T),$$

ou, simplement,

$$\frac{P_1 P_2}{P'_1 P'_2} = f(T). \tag{3}$$

» Si l'on a soin d'opérer avec un excès de séléniure de mercure, de façon que la pression P_2 soit égale à chaque instant à la tension de vapeur saturée de ce corps, c'est-à-dire soit une fonction de la température seule, on a

$$\frac{P_1}{P'_1 P'_2} = \varphi(T). \tag{4}$$

» Enfin, il est évident, d'après la relation (2), qu'à chaque instant la pression de l'hydrogène sélénié est identique à celle de la vapeur de mercure; les masses de mercure et d'acide sélénhydrique produites sont, en effet, équivalentes et les poids moléculaires Hg et H^2Se occupent le même volume dans les mêmes conditions de température et de pression.

» La relation (4) devient alors

$$\frac{P_1}{P_1'^2} = \varphi(T).$$

» Pour vérifier expérimentalement cette relation nous avons maintenu pendant un temps suffisamment long, à des températures fixes, des tubes scellés renfermant du séléniure de mercure et de l'hydrogène, sous des pressions variant comme les nombres 1, 2, 4. Quant l'équilibre est établi, les tubes sont retirés rapidement du fourneau et refroidis brusquement.

» L'analyse du gaz permet de calculer, pour chaque valeur de la pression totale, le

rapport $\frac{P_1}{P_1'^2}$ et de voir si ce rapport a bien toujours la même valeur quand T ne change pas.

» Voici les résultats des expériences que nous avons faites à une température voisine de 540° :

Pressions du gaz hydrogène introduit dans les tubes à 10°.	Valeurs du rapport $\frac{P_1}{P_1'^2}$.
198^mm	0,0189
390	0,0177
758	0,0182

» Ces nombres sont assez voisins l'un de l'autre et l'on peut considérer la relation (5) comme suffisamment vérifiée.

» *Remarque I.* — L'influence qu'exerce la pression sur la réaction étudiée est très sensible. Il suffit, pour s'en rendre compte, de citer les résultats suivants :

Pressions de l'hydrogène contenu dans les tubes scellés à 10°.	Valeurs du rapport de la pression de l'hydrogène sélénié produit à la pression totale.
195^mm	0,27
382	0,1975
758	0,1502

» *Remarque II.* — Si, dans les tubes scellés, on introduit un excès de mercure, la pression de la vapeur de ce corps est égale à la tension maxima de la vapeur de mercure : soit F(T) cette tension; on aura $P_2' = F(T)$ et la relation (4) deviendra

$$\frac{P_1}{P_1' F(T)} = \varphi(T).$$

» En remplaçant $\varphi(T)$ par l'une des valeurs données plus haut, F(T) par le nombre que donnent les Tables des tensions de vapeurs saturées pour la température de 540°, on trouve

$$\frac{P_1}{P_1'} = 191,1$$

et pour le rapport $\frac{P_1'}{P_1 + P_1'}$ le nombre 0,0052, nombre environ trente fois plus faible que celui qu'on obtient en n'introduisant pas de mercure dans les tubes.

» L'expérience est parfaitement d'accord avec ce résultat. Un tube renfermant du mercure en excès, du séléniure et de l'hydrogène sous la pression atmosphérique, nous a donné, après avoir été porté à 540°, 9^cc,6

de gaz; après absorption par la potasse, la masse gazeuse a diminué d'une quantité insensible, inférieure à $\frac{1}{10}$ de centimètre cube, ce qui donne une proportion d'hydrogène sélénié inférieure à 0,005 pour 100 de la masse gazeuse totale.

» L'étude de l'action de l'hydrogène sur le sulfure de mercure permet une vérification plus complète de la formule (4). C'est une étude que nous poursuivons en ce moment. »

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les eaux contaminées des puits de la Guillotière et des Brotteaux à Lyon.* Note de M. **H. Causse**, présentée par M. Armand Gautier.

« Les recherches concernant la matière organique des eaux contaminées sont limitées à son dosage; à notre connaissance, aucun travail relatif à la nature de ces substances n'a été publié. Nous allons établir que l'eau des puits contaminés de Lyon renferme de la *cystine*, probablement sous forme de cystinate de fer.

» Les eaux que nous avons examinées proviennent des parties reculées des quartiers dits de la Guillotière et des Brotteaux, où l'on fait encore usage des puits; elles ont été prélevées dans des maisons où se sont déclarées plusieurs cas de fièvre typhoïde, quelques-uns suivis de mort.

» *Propriétés générales de ces eaux.* — L'odeur et la saveur sont peu prononcées; le degré hydrotimétrique est compris entre 35° et 40°, mais ce degré élevé paraît dû uniquement à la chaux et à la magnésie. Soumises à la distillation dans le vide, ces eaux abandonnant du soufre au moment où le carbonate calcique commence à se déposer, l'eau de condensation contient alors de l'hydrogène sulfuré et noircit les sels de plomb et d'argent.

» Le tannin acétique ne produit aucun précipité, mais une coloration violette, très nette après quelque temps. Le sulfhydrate d'ammoniaque ne donne pas de précipité immédiatement; après quarante-huit heures il se dépose des flocons de sulfure de fer. Le ferrocyanure de potassium, le sulfocyanure du même métal ne donnent pas les réactions des sels de fer; on ne les observe qu'après oxydation. Le réactif Nessler accuse quelquefois la présence de l'ammoniaque, cependant la quantité est toujours faible et disparaît rapidement si l'eau est maintenue à 35°-40°; la proportion des nitrates est supérieure à la normale. Les eaux qui contiennent du cystinate de fer donnent avec le chloromercurate de paradiazosulfonate de sodium,

réactif que nous décrirons ultérieurement, une coloration jaune orangé; l'intensité de la teinte est proportionnelle à la quantité de cystine; la coloration est affaiblie par l'acide sulfureux. Ce fait est très important; nous montrerons plus tard que ce réactif paraît spécifique pour les eaux cystinées. Avec les eaux de source non contaminées, on obtient une coloration jaune, mais l'acide sulfureux la détruit entièrement, tandis que l'orangé, bien qu'affaibli, persiste néanmoins avec les eaux infectées.

» Des recherches bactériologiques faites au laboratoire d'hygiène de Lyon il résulte que ces eaux ne contiennent pas le bacille de la fièvre typhoïde, mais une quantité anormale de bactéries liquéfiantes de la gélatine; de mon côté j'ai observé que la bactérie la plus abondante était le *bacterium termo*.

» *Extraction du cystinate de fer.* — 25^{lit} d'eau ayant donné avec le chloromercurate de paradiazosulfonate de sodium une forte coloration orangée sont filtrés sur une longue colonne de laine de verre, et additionnés de 400^{cc} d'eau de baryte saturée contenant 5^{gr} de chlorure de baryum; il se forme presque immédiatement un précipité floconneux; l'éclaircissement exige parfois quarante-huit heures. Le dépôt, abondant pendant la saison chaude, est jaune plus ou moins prononcé; lorsqu'il s'est réuni, on décante, on lave le précipité, on le verse dans un ballon, et l'on ajoute 300^{cc} d'une solution de carbonate de potassium pur au $\frac{1}{100}$; on chauffe au bain-marie bouillant, tandis qu'un courant d'hydrogène traverse la masse, on agite le précipité et l'on met toutes les parties en contact avec le carbonate alcalin; après deux heures de traitement, on laisse reposer, on filtre la partie claire, et le résidu est soumis à un second traitement semblable avec 100^{cc} de solution carbonatée. On mélange les portions filtrées, et on laisse refroidir; on obtient ainsi une solution alcaline de cystinate de fer. Une partie a été employée à établir le rapport du carbone à l'azote $\frac{C}{Az}$, une autre le rapport du fer au soufre $\frac{Fe}{S}$, la troisième a servi aux réactions que nous décrirons plus loin.

» La méthode que je viens d'indiquer ne donne pas la totalité du cystinate de fer; une faible portion échappe à la précipitation barytique. Toutefois la fragilité de la molécule ne se prête pas à des opérations compliquées; au cours des traitements le fer ou le soufre se séparent, très souvent les deux simultanément, comme nous avons eu l'occasion de le constater.

» *Rapport du carbone à l'azote* $\frac{C}{Az}$. — 100^{cc} de solution alcaline sont neutralisés exactement par l'acide sulfurique et évaporés, le résidu est desséché au-dessus de l'acide sulfurique. On obtient une masse jaune, hygroscopique, qu'on mélange avec de l'oxyde de cuivre et qu'on brûle dans le vide; le gaz recueilli est mesuré, et, après absorption de l'acide carbonique par la potasse, le volume du gaz restant est déterminé. Le tout ayant été ramené à 0° et sous 760^{mm} de pression, nous avons trouvé : volume total, 32^{cc}; volume après absorption par la potasse, $0^{cc},5$; soit $31^{cc},5$ pour l'acide car-

bonique et $0^{cc},5$ pour l'azote. Si l'on transforme ces volumes en poids on aura pour le carbone $C = 0,00175$ et pour l'azote $Az = 0,00075$, ce qui donne un rapport $\frac{C}{Az} = \frac{2,5}{1}$.

» *Rapport du soufre au fer, ou* $\frac{Fe}{S}$. — 200^{cc} de solution carbonatée sont traités par l'eau de brome jusqu'à coloration jaune, on ajoute de l'acide chlorhydrique; on porte à l'ébullition; après refroidissement la solution est divisée en deux parts égales; dans l'une le fer est dosé colorimétriquement à l'état de bleu de Prusse, et dans la seconde le soufre est déterminé sous forme de sulfate de baryte. Nous avons trouvé $Fe = 0,018$, $S = 0,011$, soit $\frac{Fe}{S} = \frac{1,7}{1}$.

» Si l'on calcule les rapports qui existent entre les éléments constituant le cystinate de fer, $C^3H^5AzO^2SFe = 177$, on obtient $\frac{C}{Az} = \frac{2,5}{1}$ et $\frac{Fe}{S} = \frac{1,7}{1}$. Ces rapports se confondent avec ceux déduits de l'analyse. L'ensemble des faits suivants complète la démonstration.

» *Examen microscopique.* — On évapore à siccité 25^{cc} à 30^{cc} de liqueur alcaline; le résidu est repris par un peu d'eau, filtré et neutralisé par l'acide acétique; quelques gouttes du liquide déposées sur une lamelle abandonnent, au bout de quelques heures, des plaques en hexagones réguliers de cystine. J'ai, en outre, observé, avec quelques eaux, des cristaux bleus très probablement constitués par de l'indigotine; dans ces cas, les eaux soumises au réactif d'Obermayer et agitées avec du chloroforme cédaient à ce dissolvant une matière colorante bleue violacée, mais la coloration était faible.

» *Réactions particulières.* — Les sels de plomb, d'argent et de mercure, au contact de la liqueur alcaline, donnent, à la chaleur du bain-marie, les deux premiers un sulfure noir, le troisième du vermillon. A ces réactions il convient d'ajouter l'action de la cystine sur le chloromercurate de paradiazosulfonate de sodium ci-dessus annoncée, mais ce côté de mes recherches fera l'objet d'une Communication nouvelle.

» En résumé, des eaux des puits de la Guillotière et des Brotteaux, ayant manifestement provoqué la fièvre typhoïde, j'ai isolé de la cystine unie au fer. Je n'ai trouvé dans les eaux ni albuminoïdes, ni nucléoprotéides; je montrerai plus tard que la proportion de cystine est variable et dépend des saisons dont elle subit les fluctuations. »

CHIMIE ANIMALE. — *Élimination du cacodylate de soude par les urines après absorption par voie stomacale.* Note de MM. **H. Imbert** et **E. Badel**, présentée par M. Armand Gautier.

« Les résultats que nous allons rapporter ont pour but de faire connaître les essais préliminaires que nous avons effectués pour élucider la question de l'élimination du cacodylate de soude par les reins.

» Nous nous sommes préoccupés d'abord de trouver qualitativement et quantitativement l'acide cacodylique dans une urine.

» Pour cela, 0gr,0025 d'acide cacodylique pur, correspondant à 0gr,0013 d'arsenic, ont été dissous dans 200cc d'urine. Le liquide a été traité ensuite par le procédé Armand Gautier. Évaporé jusqu'en consistance d'extrait, puis additionné d'un volume d'acide azotique pur et concentré égal à celui du résidu et de deux gouttes d'acide sulfurique, il a été chauffé au bain de sable jusqu'à boursouflement; pour amener la destruction des matières organiques on l'a additionné alors d'acide sulfurique pur et l'on a détruit la presque totalité de la matière organique par des additions successives d'acide azotique, enfin l'on a chauffé jusqu'à émission d'abondantes vapeurs. Comme l'acide cacodylique n'est pas décomposable par l'acide azotique, nous avons alors neutralisé par de la potasse et calciné le résidu sec avec du nitrate de potasse et de la potasse. En chauffant enfin avec de l'acide sulfurique, tout l'acide azotique a été chassé; la masse redissoute dans une quantité suffisante d'eau a été alors introduite dans un appareil de Marsh en activité. Le poids de l'anneau d'arsenic trouvé a été de 0gr,0012 à 0gr,0014.

» Comme il résulte des derniers travaux de M. A. Gautier que l'urine normale ne contient pas d'arsenic, il s'ensuit que, par ce procédé, on peut doser l'acide cacodylique contenu dans une urine.

» Après avoir acquis cette conviction, nous avons recherché l'arsenic dans ce liquide après ingestion de cacodylate de soude.

» L'un de nous a pris par voie stomacale 0gr,20 de ce sel pur, correspondant à 0gr,09374 d'arsenic.

» La quantité normale d'urine émise par la personne en expérience est de 1300cc à 1400cc par jour. Les quantités à partir de l'ingestion ont été les suivantes, par vingt-quatre heures :

1er jour	1331cc	5e jour	1000cc
2e »	950	6e »	1310
3e »	940	7e »	1460
4e »	1050		

» Le cacodylate de soude a donc eu pour effet de diminuer, dans des proportions notables, la quantité d'urine émise; elle est redevenue sensiblement normale à partir du sixième jour. M. A. Gautier a déjà fait la remarque que, pris par la voie stomacale et non hypodermique, le cacodylate de soude contrarie la sécrétion rénale et fatigue les reins.

» Nous avons déterminé les quantités d'arsenic éliminé par vingt-quatre heures, en employant le procédé de destruction des matières organiques indiqué précédemment.

» En ce qui concerne l'arsenic des dernières émissions d'urine, qui n'est éliminé

qu'en très petite quantité, le poids en a été déterminé comparativement avec une série d'anneaux de $0^{mgr},05$, $0^{mgr},1$, $0^{mgr},2$, $0^{mgr},3$, etc., contenus dans des tubes scellés. On a opéré, en général, sur 200^{cc} d'urine. A la première émission du liquide, c'est-à-dire trois heures après l'absorption du sel, le volume a été de 176^{cc} et la quantité d'arsenic de $0^{gr},0024$.

» Le deuxième jour, on perçoit dans l'urine une odeur alliacée qui a disparu à partir du sixième jour.

» Les quantités d'arsenic éliminé dans les huit premiers jours sont indiquées dans le Tableau suivant :

	gr		gr
1er jour	0,0359	5e jour	0,0015
2e »	0,0030	6e »	0,0026
3e »	0,0015	7e »	0,0028
4e »	0,0021	8e »	0,0034

» La recherche de l'arsenic a été faite ensuite à des intervalles de plusieurs jours et l'on a trouvé :

	gr		gr
12e jour	0,0043	21e jour	0,0012
15e »	0,0014	28e »	traces.

» Il convient de retenir de ces expériences préliminaires que l'arsenic apparaît dès la première émission d'urine et que son élimination par les reins, après absorption, sous forme de cacodylate de soude, par la voie stomacale, s'est prolongée pendant près d'un mois. Il est probable que la majeure partie du sel s'élimine ainsi par les urines. Nous cherchons à confirmer par de nouvelles expériences ces constatations qui offrent un réel intérêt au point de vue thérapeutique et médico-légal. »

CHIMIE. — *Nouvelle réaction colorée de la tyrosine.*
Note de M. G. **Denigès.**

« On connaît actuellement quatre réactions colorées de la tyrosine : les trois premières, classiques, dues à Piria, Hofmann et Scherer, sont très peu spécifiques et masquées par la présence d'un grand nombre de matières organiques, notamment par celle des albuminoïdes, ce qui rend illusoire la recherche directe, par ces réactions, de la tyrosine dans les liquides des digestions naturelles ou artificielles.

» La dernière, plus intéressante, a été trouvée par Bertrand, dans ses recherches sur les oxydases, et particulièrement étudiée et appliquée par Bourquelot et ses élèves; on peut l'utiliser avec profit pour l'étude de la

digestion pancréatique. Son inconvénient est de nécessiter la possession de tyrosinase, substance qu'il n'est pas toujours possible d'avoir facilement à sa disposition.

» La réaction nouvelle que nous proposons est fondée sur la propriété que possède la tyrosine et que nous avons découverte, de fournir avec l'éthanal (aldéhyde ordinaire), en milieu fortement sulfurique, un produit de condensation, d'un beau rose carmin, présentant une large bande d'absorption couvrant le vert et la presque totalité du jaune du spectre.

» L'aldéhyde ordinaire, qui bout vers 21°, étant peu maniable, nous l'employons diluée au tiers avec de l'alcool à 90° au moins, selon la formule :

Aldéhyde ordinaire	5cc
Alcool à 90°	10cc.

» Pour la recherche de la tyrosine on met, dans un tube à essais, 2cc d'acide sulfurique pur et 3 à 5 gouttes de la solution alcoolique d'aldéhyde indiquée, versée avec une pipette ou un tube très effilés. *Il faut avoir soin de n'ajouter la solution aldéhydique que goutte à goutte, de deux ou trois secondes en deux ou trois secondes,* en secouant vivement le liquide du tube après addition de chaque goutte, qui ne devra pas être versée sur les parois mais tomber directement sur l'acide. Si l'on n'observait pas ces diverses précautions, on risquerait de provoquer la formation d'une teinte jaune brunâtre qui gênerait l'examen de la réaction ultérieure.

» Aussitôt le mélange effectué (¹), on ajoute quelques parcelles de tyrosine ou une ou deux gouttes de solution de cette substance et l'on agite; presque aussitôt la masse prend une teinte groseille plus ou moins accentuée, suivant les doses, et proportionnelle par son intensité, dans de certaines limites, à la quantité de tyrosine présente dans l'essai.

» Ainsi, en dissolvant à chaud 1cgr de tyrosine dans une goutte de lessive de soude et 5cc d'eau, $\frac{1}{20}$ de centimètre cube de cette liqueur, renfermant $\frac{1}{10}$ de milligramme de tyrosine, a donné une belle teinte groseille avec le réactif aldéhydique.

» La teinte est encore appréciable en employant $\frac{1}{100}$ de milligramme de tyrosine; il est donc possible de déceler cette substance, même lorsqu'elle n'existe qu'à la dose de 0gr,10 par litre, à condition d'opérer avec $\frac{1}{10}$ de centimètre cube de solution.

» Par comparaison avec une solution tyrosinique titrée on peut, à l'aide de cette réaction, effectuer un dosage colorimétrique rapide de la tyrosine, non seulement en solution aqueuse, mais aussi dans les liquides de digestion pancréatique, les matières albuminoïdes et les peptones (exemptes de tyrosine) étant sans action sur le réactif sulfo-aldéhydique.

(¹) Ce mélange ne doit être effectué qu'au moment de l'emploi, car il s'altère rapidement. Dans sa préparation on peut, à la rigueur, remplacer l'aldéhyde par la paraldéhyde ou la métaldéhyde.

» Enfin on peut l'utiliser encore pour étudier l'élimination de la tyrosine urinaire, suivant un mode opératoire que nous déterminerons ultérieurement.

» Le réactif sulfo-aldéhydique est influencé par quelques produits phénoliques et leurs éthers : c'est un caractère qu'il possède d'ailleurs avec la tyrosinase, mais à un moindre degré. Bourquelot a, en effet, établi qu'un grand nombre de phénols, leurs éthers et les corps amidés correspondants sont aussi oxydés sous l'influence de la tyrosinase, en fournissant des colorations variées dont certaines sont souvent difficiles à distinguer de celles que donne la tyrosine sous l'influence du même ferment.

» L'acide sulfurique formolé, préparé en ajoutant 1^{cc} de formol du commerce à 50^{cc} d'acide sulfurique pur et qui constitue un réactif très stable est, au contraire du réactif à l'aldéhyde ordinaire, plus sensible pour les corps à fonction phénolique simple que pour la tyrosine, et nous comptons l'utiliser pour la diagnose des phénols urinaires.

» Quand à 2^{cc} ou 3^{cc} de ce réactif on ajoute un peu de tyrosine, il se développe lentement à froid, instantanément vers 50°-60°, une coloration feuille morte, prenant finalement un ton rougeâtre. Par addition au liquide du double de son volume d'acide acétique cristallisable et ébullition, la teinte passe au vert. »

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur le pouvoir rotatoire de l'acide valérique actif* (1). Note de M. **Ph.-A. Guye** et de Mlle **E. Aston**, présentée par M. Georges Lemoine.

« 1. Nous avons montré précédemment (2) que le pouvoir rotatoire de l'alcool amylique primaire, étudié à diverses températures, présente une anomalie caractéristique au passage de l'état liquide à l'état de vapeur, et que cette anomalie doit être attribuée au fait que l'alcool amylique est constitué par un mélange, en proportions variables avec la température, de molécules simples ($C^5H^{12}O$) et de molécules complexes $(C^5H^{12}O)^n$, douées chacune d'un pouvoir rotatoire différent, au même titre par exemple que les deux polymères, isotérébenthène et métatérébenthène, signalés par M. Berthelot (3). En outre, nos observations indiquent que les molécules amyliques complexes doivent être regardées comme moins actives en valeur absolue que les molécules simples (4).

(1) Genève, laboratoire de Chimie physique de l'Université.

(2) Guye et Aston, *Comptes rendus*, t. CXXV, p. 819.

(3) Berthelot, *Comptes rendus*, t. CXXV, p. 822.

(4) A l'appui de ces résultats, on peut encore invoquer le fait caractéristique que

» 2. Il ne faudrait pas conclure de ce premier exemple que tous les corps actifs, polymérisés à l'état liquide, conduisent nécessairement à des anomalies de même nature. Une pareille généralisation serait trop hâtive, ainsi que le prouvent nos recherches relatives à l'acide valérique actif, dont les variations de pouvoir rotatoire avec la température sont normales, bien que ce corps soit formé, comme l'alcool amylique, de molécules complexes et de molécules simples, les dernières étant plus actives que les premières. Il nous paraît donc utile de préciser ces particularités et d'en signaler la cause.

Voici d'abord les rotations spécifiques de l'acide valérique à diverses températures; elles ne présentent aucune anomalie apparente.

Premier échantillon :	*Deuxième échantillon :*
$[\alpha]_D = +11,27$ (liq.) à 11°	$[\alpha]_D = +9,07$ (liq.) à 16°
$[\alpha]_D = +10,84$ (liq.) à $59^{\circ},5$	$[\alpha]_D = +7,54$ (liq.) à 99°
$[\alpha]_D = +9,0$ (vap.) à 188°	$[\alpha]_D = +7,3$ (vap.) (¹) à 188°

» Et cependant l'acide valérique est, comme l'alcool amylique, fortement polymérisé à l'état liquide; de même aussi les molécules simples d'acide valérique ($C^5H^{10}O^2$) sont plus actives que les molécules complexes $(C^5H^{10}O^2)^n$, ainsi que cela résulte des mesures suivantes effectuées, d'une part, sur des solutions aqueuses diluées, dans lesquelles l'acide valérique doit être considéré comme totalement dissocié en molécules simples, et, d'autre part, sur des dissolutions dans le bromure d'éthylène, dont les propriétés polymérisantes sont aujourd'hui bien connues.

---

le pouvoir rotatoire des dérivés amyliques non polymérisés à l'état liquide (éthers, corps halogénés, hydrocarbures, etc.) en fonction de la température, suit l'allure décroissante normale généralement observée. On nous permettra de rappeler ici les mesures relatives à deux dérivés amyliques dont les propriétés optiques ont été étudiées jusqu'à l'état de vapeur : l'iodure d'amyle et le diamyle (Guye et do Amaral, *Arch. Sc. ph. et nat.*, 3ᵉ série, t. XXXIII, p. 409). D'après toutes les analogies connues, ces deux corps ne sont certainement pas polymérisés à l'état liquide. A l'inverse de l'alcool amylique, leurs pouvoirs rotatoires décroissent d'une façon normale avec la température :

Diamyle.	Iodure d'amyle.
$[\alpha]_D = +10,01$ (liq.) à $19^{\circ},9$	$[\alpha]_D = +4,98$ (liq.) à 18°
$[\alpha]_D = +9,7$ (vap.) à 173°	$[\alpha]_D = +4,81$ (liq.) à $60,5$
	$[\alpha]_D = +3,6$ (vap.) à 156

(¹) Valeur déduite du pouvoir rotatoire de l'acide valérique à l'état liquide (température ordinaire) et à l'état de vapeur (188°), trouvée expérimentalement égale à $13,5 : 12,8 = 1,25$ (Guye et do Amaral, *loc. cit.*).

Solution aqueuse :

» Détermination cryoscopique (concentration de 3,9 pour 100) : M (observé) = 103, M (calculé pour $C^5H^{10}O^2$) = 102.

» Mesures polarimétriques :

Acide liquide	$[\alpha]_D = +12,02$	à 15°
» en solution aqueuse (3,9 pour 100)	$[\alpha]_D = +14,6$	à 18°
» » (1,2 pour 100)	$[\alpha]_D = +14,4$	à 18°

Solution dans le bromure d'éthylène :

» Détermination cryoscopique : M (théorique) = 103. (Concentration : 2 pour 100 environ), M (observé) = 184. (Concentration : 5 pour 100 environ), M (observé) = 202.

» Mesures polarimétriques :

Acide liquide de pouvoir rotatoire	$[\alpha]_D = +11,27$ à 18°
Solution : 1gr,27 dans 100cc solution	$[\alpha]_D = +7,8$
» 2gr,10 »	$[\alpha]_D = +9,65$
» 11gr,91 »	$[\alpha]_D = +10,12$

» 3. Ces divers points étant établis, il nous reste à montrer que la différence caractéristique entre les propriétés optiques de l'alcool amylique et de l'acide valérique doit être attribuée au fait que les phénomènes de dépolymérisation observés pour ces deux corps ne présentent qu'une analogie partielle.

» En effet, chez les alcools primaires de la série grasse, la chaleur produit une dépolymérisation très accentuée des molécules liquides complexes, tandis que, chez les acides de la même série, cette action est peu appréciable, et parfois même nulle, dans des intervalles de température considérables. Ce fait ressort nettement des valeurs des coefficients de polymérisation à l'état liquide, déterminés pour ces deux groupes de composés par MM. Ramsay et Schields (*Zeitschrift*, t. XII, p. 468 et 470), dont nous transcrivons ici quelques mesures :

		Entre		
		16° et 46°.	46° et 78°.	78° et 132°.
Alcools	$C^4H^9.OH$ (iso)	1,95	1,86	1,64
	$C^5H^{11}.OH$ (iso)	1,97	1,69	1,57
Acides	$C^3H^7.COOH$	1,77	1,78	1,88
	$C^4H^9.COOH$ (iso)	1,45	1,82	1,73
	$C^5H^{11}.COOH$	1,36	1,37	1,70

» En second lieu, on constate qu'à l'état de vapeur les alcools ont une

densité à peu près normale, tandis que les densités de vapeur des acides gras, toujours trop fortes, révèlent la présence d'une proportion élevée de molécules complexes, même à des températures notablement supérieures au point d'ébullition; pour l'acide acétique, le mieux étudié du groupe, la densité de vapeur à 50° correspond approximativement à la formule double $(C^2H^4O^2)^2$ (Ramsay et Young); au point critique, ce corps contiendrait encore environ 70 pour 100 de molécules doubles (Guye).

» En raison de ces lois de dépolymérisation, générales pour le groupe des alcools et pour celui des acides gras, la vapeur d'alcool amylique, formée presque exclusivement de molécules simples, sera nécessairement caractérisée par la rotation spécifique des molécules simples, soit numériquement plus grande que celle de l'alcool liquide, tandis que la vapeur d'acide valérique, contenant encore un grand nombre de molécules complexes, conduira à une rotation spécifique $[\alpha]_D$, dans laquelle la valeur propre aux molécules simples sera nécessairement masquée par celle des molécules complexes.

» Bien loin de nous surprendre, la différence observée entre les propriétés optiques de ces deux corps doit donc être considérée comme la confirmation de ce que nous savions sur les variations de leur complexité moléculaire avec la température. »

BOTANIQUE. — *Sur la pluralité de l'espèce dans le groseillier à grappes cultivé.* Note de M. **Edouard de Janczewski**, présentée par M. Bornet.

« Cultivé si communément dans nos jardins, le groseillier à grappes est presque toujours considéré comme descendant d'une seule espèce spontanée, habitant l'Europe, l'Asie et l'Amérique du Nord, le *Ribes rubrum* L.

» Il présente, en effet, tant de ressemblance, dans ses organes de végétation et dans l'aspect, le goût et la couleur de ses fruits, qu'on ne saurait reprocher ni aux botanistes ni aux horticulteurs de n'y avoir pas regardé de plus près et de n'avoir pas essayé d'en donner une classification naturelle. Cependant, il suffit d'examiner attentivement un certain nombre de variétés cultivées, surtout pendant la floraison, pour reconnaître tout l'arbitraire de cette opinion et conclure que leur origine est multiple, quelquefois hybride. Il y a donc lieu de remonter à leurs ancêtres spontanés et de les soumettre à une nouvelle analyse.

» Le résultat d'une revision que nous avons entreprise sur le vivant,

autant que possible, était facile à prévoir. Le *Ribes rubrum* des botanistes d'aujourd'hui se trouve être un mélange, pour le moins, de trois espèces du premier ordre, sans compter les affines également distinctes. Le *R. petraceum* Wulf a aussi participé à la population de nos jardins. Il est donc nécessaire d'indiquer ici les caractères essentiels des ancêtres de nos groseilliers cultivés, ou des espèces confondues avec eux jusqu'à présent, en commençant par établir quelle est l'espèce que Linné nomme *Ribes rubrum*.

» La diagnose étant superficielle et ne disant rien, la seule remarque de Linné *habitat in Suecciæ borealibus* peut décider la question. En effet, dans la Suède du Nord, il n'y a qu'une seule espèce spontanée du groseillier à grappes; il est donc juste de lui conserver le nom de *R. rubrum*. Nous la mettrons en tête de toutes les autres.

» I. *R. rubrum* L. : Sépales brunâtres à la face supérieure (maculés de rouges)' Anthères distinctement introrses, à connectif assez étroit. Réceptacle floral creusé en coupe, dépourvu de disque. Paroi supérieure de l'ovaire convexe et faisant angle avec la base du style. Fruit muni d'un bec translucide (base fraîche du style qui est noir et sec dans le reste) caché sous le calyce marcescent. Patrie : Europe du Nord et de l'Est (Norvège, Suède, Finlande, Laponie, Danemark, Allemagne du Nord, Pologne, Lithuanie, Russie jusqu'en Caucase et Oural, probablement aussi au delà). Variétés horticoles peu nombreuses, peut-être toujours hybrides.

» Espèce affine : *R. lithuanicum* nob. Diffère de la précédente par les sépales d'un jaune verdâtre et par l'absence du bec transparent au sommet du fruit. Patrie : Lithuanie, Allemagne du Nord, Bornholm, où elle accompagne ordinairement le *R. rubrum*, Espèce insuffisamment étudiée, participant à la formation des variétés horticoles probablement au même degré que la précédente.

» II. *R. domesticum* nob. : Sépales d'un jaune verdâtre. Anthères aplaties, à déhiscence presque latérale, en forme de papillon après l'anthèse. Connectif large. Réceptacle floral plat, garni d'un disque saillant, en forme d'anneau pentagonal arrondi. Fruit dépourvu de bec transparent; le disque y est reconnaissable, quoique ne formant qu'un pli sec. Patrie : Europe de l'Ouest et du Centre (Grande-Bretagne, France, Belgique, Basse-Autriche; certainement aussi : Suisse, Allemagne du Sud). Rare dans d'autres pays, il n'y est que naturalisé selon toute vraisemblance (Suède méridionale, Danemark). Variétés horticoles très nombreuses.

» Espèce affine : *R. macrocarpum* nob. Diffère de la précédente par les sépales un peu maculés à l'extérieur et brusquement recourbés, le disque également maculé et le style plus profondément fendu. Plus caractéristiques sont cependant ses organes de végétation. Feuilles grandes, épaisses, à lobes obtus. Port irrégulier. Scions généralement normaux, mais les brindilles ne portent ordinairement de bourgeons qu'à leur base, parce que les autres (terminaux et axillaires) avortent. Patrie inconnue jusqu'à présent, probablement plus méridionale que celle du *R. domesticum*. Variétés horticoles nombreuses, produisant les fruits les plus gros.

» III. *R. propinquum* Turcz. — Anthères à connectif assez étroit, ne prenant pas la forme de papillon après l'anthèse, donc semblables à ceux du *R. rubrum* L. Réceptacle plat, garni d'un disque saillant comme dans le *R. domesticum*. Espèce insuffisamment étudiée, incorporée à titre de variété au *R. rubrum*. Patrie : Nord de l'Amérique, Japon, Sibérie orientale. Variétés cultivées inconnues, probablement nulles.

» IV. *R. petræum* Wulf. — Dispersé sur un immense espace, cet arbrisseau alpin ou subalpin varie beaucoup dans les caractères extérieurs. Sépales ordinairement ciliés sur leurs bords, presque rouges à l'intérieur (macules larges et confluentes), du moins en Europe. Anthères distinctement introrses, à connectif étroit. Réceptacle profond, dépourvu de disque. Paroi supérieure de l'ovaire soulevée en cône, se continuant en style, sans aucune limite appréciable. Fruit muni d'un bec transparent, comme dans le *R. rubrum*. Feuilles portant à la face supérieure, souvent mais pas toujours, des poils gros et épais (¹). Patrie : Europe (depuis les Pyrénées et la Grande-Bretagne jusqu'en Caucase), Asie (Arménie, Perse, Tourkestan, Sibérie, Hongrie, Amur, jusqu'au Japon et Kamtchatka), Afrique (cimes de l'Atlas). Variétés horticoles peu nombreuses, rarement cultivées aujourd'hui, ou hybrides.

» *Conclusions.* — Les groseilliers à grappes cultivés ne descendent pas d'une seule espèce botanique, mais, pour le moins, de trois, sans même compter les affines. Parmi leurs ancêtres spontanés, le vrai *R. rubrum* de Linné, confondu jusqu'à présent avec d'autres espèces bien différentes, a peu participé à la population de nos jardins. C'est le *R. domesticum* de l'Europe occidentale qui a donné naissance à la plupart des variétés horticoles; sa culture paraît donc la plus ancienne et avoir été inaugurée dans l'un de ses pays d'origine : la Grande-Bretagne ou plutôt la France. »

PATHOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur le parasitisme du* Phoma reniformis [2]. Note de MM. **L. Ravaz** et **A. Bonnet**, présentée par M. Prillieux.

« La maladie des raisins signalée, en 1886, dans les vignobles du Caucase et dont MM. Prillieux et Delacroix ont entretenu récemment l'Académie, a été attribuée tantôt au *Phoma uvicola*, cause du Black Rot, tantôt au *Phoma reniformis* V et R. Les grains malades portent, en effet, de nom-

---

(¹) Ce caractère est partagé par le *R. himalayensis* Royle et le *R. monpinense* Franck, deux espèces dont les fleurs ont aussi une structure semblable à celles du *R. petræum*. Elles le remplacent à l'Himalaya et au Thibet, et ne sont peut-être que ses espèces affines. La première a été le plus souvent confondue avec le *R. rubrum* L. et considérée comme simple variété (*R. rubrum, var. himalayense*).

(²) Laboratoire de Viticulture de l'École nationale d'Agriculture de Montpellier.

breuses pycnides de ce dernier Champignon. Mais, en même temps, et comme l'a déjà indiqué M. de Jaczewski, ils en portent fréquemment d'autres qui renferment des spores quelquefois brunes, le plus souvent incolores, de dimensions et de formes très variables. Les spores les plus courtes ont une grande ressemblance avec les spores du *Phoma uvicola;* elles s'en distinguent par leur membrane qui paraît nettement plus épaisse, par leur contenu, et surtout par leur germination. Elles germent, en effet, rapidement dans l'eau ordinaire, en émettant un filament long et gros; les spores du *Phoma uvicola* germent plus lentement et donnent naissance à un filament grêle et court.

» Transportées, avant ou après germination, sur des feuilles de vigne de tout âge et sur des grains de raisins non seulement sains, mais encore attenant à la souche, ces spores courtes se développent fort bien à la surface des organes qui les portent; mais, dans aucune de nos nombreuses inoculations, elles n'ont pu produire la moindre altération; tandis que les spores du *Phoma uvicola* authentique, ensemencées parallèlement dans les mêmes conditions et sur les mêmes organes, ont toujours produit les altérations du Black Rot.

» Si donc les spores courtes du *Phoma reniformis* peuvent être, à un examen superficiel, confondues avec les spores du *Phoma uvicola,* elles sont, comme l'ont établi nos expériences, incapables de produire les mêmes dégâts.

» La forme normale du *Phoma reniformis* a été observée rarement en France. Toutefois, elle fut très abondante à l'automne de l'année 1897, dans les vignobles du Midi de la France; et non pas sur les raisins, mais seulement sur l'écorce morte des sarments aoutés, qui en était entièrement noircie. Et comme elle venait d'être signalée comme parasite des raisins en Russie, nous avons voulu rechercher quel danger elle pourrait constituer pour nos vignobles méridionaux.

» Nos recherches ont duré de 1898 à février 1900; et, pendant plus d'une année, nous avons fait *en serre*, avec des spores de diverses provenances du Caucase et du Midi de la France, des centaines d'inoculations :

1° Sur des tiges herbacées;
2° Sur des feuilles de tout âge;
3° Sur des grains verts et sains;
4° Sur des grains verts et déchirés;
5° Sur des grains presque mûrs;

tous attenant à la souche et maintenus, sous cloche, dans une atmosphère humide. Nous nous sommes assurés chaque fois que les spores déposées à la surface de ces organes avaient germé.

» *Dans tous ces essais, le* Phoma reniformis *n'a pu se développer complètement que sur les grains meurtris ou fendus.* Sur les autres organes *sains :* tiges, feuilles de tout âge, grains verts, grains mûrs, *il n'a jamais produit aucune altération.*

» Ces résultats sont en apparence contraires à ceux que M. Spechnew a publiés dans le numéro de décembre du *Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten*. Mais ce savant a opéré sur des rameaux et des grains *détachés* de la souche et maintenus sous cloche dans une atmosphère humide. De telles conditions sont surtout favorables au développement des saprophytes; et peut-être conviendrait-il d'interpréter les résultats positifs de M. Spechnew dans le même sens que nos résultats négatifs.

» Il résulte de nos expériences que le *Phoma reniformis* à spores normales ou courtes ne peut être la cause première de la maladie des raisins des vignes du Caucase. Il ne peut les envahir que lorsqu'ils sont déjà détériorés par une cause quelconque, ou lorsqu'ils sont très mûrs; et en fait, les grains que nous avons reçus de plusieurs endroits du Caucase étaient tous ou piqués par un insecte (*Cochylis?*), ou déchirés, ou avaient dépassé la maturité. Même dans ces conditions, ce Champignon est loin d'envahir les organes altérés aussi vite que le *Coniothyrium diplodiella*, qui, cependant, n'est lui-même qu'un demi-parasite. Il n'est donc pas un danger pour nos vignobles, dans lesquels il n'a d'ailleurs fait aucun mal jusqu'ici, malgré son extrême abondance en 1897. Et, si nos renseignements sont exacts, il en serait de même en Russie, où la maladie qu'on lui a attribuée a fait plus de bruit que de mal. »

PALÉONTOLOGIE. — *Examen des fossiles rapportés de Chine par la mission Leclère*. Note de M. **H. Douvillé**, présentée par M. Michel-Lévy.

« M. Leclère, ingénieur en chef des Mines, a été chargé, en 1898-1899, par le ministère des Colonies, d'une mission d'étude dans la Chine méridionale; il en a rapporté un certain nombre de fossiles dont l'examen m'a été confié par le Service de la Carte géologique; j'indiquerai brièvement le résultat de cet examen et les horizons qu'il m'a paru possible de distinguer.

» 1° *Dévonien moyen*. — Fossiles dégagés, trouvés à 10^{km} à l'est de Tien-Sen-Kouan, près Lou-Nan (Yun-Nan) :

» *Atrypa explanata;*

» *Rhynchonella Huoti,* de Vern. et Keys. (Russie, p. 81, *Pl. X, fig.* 4, *a*, *b*), exemplaires deux fois plus grands que le type;

» *Rynchonella pugnus*, Sow.;

» *Spirifer pachyrhynchus*, de Vern. et Keys. (Russie), exemplaire un peu plus grand que le type;

» *Spirifer tentaculum*, de Vern. et Keys. (*Cyrtia striata* de Buch, non *S. striatus* Martin), ce fossile présente des caractères analogues à ceux des *Syringothyris;*

» *Orthis;*

» *Cyathophyllum*, nov. sp.;

» *Chœtetes*.

» Cette faune présente une analogie frappante avec celle des couches à *Syringocephalus Burtini* de l'Oural.

» 2° *Dévonien superieur*. — Calcschistes entre I.-Leang-Chien et Lou-Nan (Yun-Nan).

» *Atrypa explanata*, *Rhynchonella Omaliusi* Goss., *Rh. letiensis* Goss.

» 3° *Carboniférien*. — Calcschistes noirs tendres de Lan-Mou-Tchang (Kouei-Tcheou), avec

» *Orthotetes crenistria*.

» 4° *Carboniférien supérieur*. — Marbre noir à Polypiers de Kouei-Lin et Tchouang-Chan (Kouang-Si):

» *Fusulina*, *Schwagerina princeps*, *Syringopora*, *Peronella*.

» Cette couche paraît être le prolongement de l'horizon du marbre noir de la Montagne de l'Éléphant près Hai-Phong où j'ai signalé précédemment (*Bull. S. G. F.*, avril 1886):

» *Spirifer mosquensis*, *Athyris*, *Pentremites*, *Lophophyllum*, *Syringopora* cf. *geniculata*.

» Les calcaires noirs à Polypiers de la baie d'Along font aussi partie du même système.

» Il faut également en rapprocher les calcaires à *Productus* et *Schwagerina* (¹) de Luang-Prabang, signalés par M. Counillon.

» 5° *Permien*. — Marbre grisâtre du Yunnan-Y, près Ta-Li-Fou.

» *Littorina* (*Eunema*), *Straparollus*, Articulations d'*Encrines*, *Pachypora* cf. *jabiensis* Waagen, *Stenopora* (*Geinitzella*) cf. *crassa in* Waagen (calcaire à *Productus* de l'Inde).

» *Stenopora* sp., *Peronella*, *Eudea*. — Cette faune est principalement composée de

---

(¹) D'après l'examen que j'ai pu en faire, c'est très probablement *Schw. princeps*

petits Polypiers (*Favositidés* ou *Multiporidés*) et de Spongiaires rameux; les caractères internes sont médiocrement conservés et par suite les déterminations rigoureuses sont extrêmement difficiles.

» La présence du genre *Stenopora* nous paraît à peu près certaine, ce qui nous conduit à rapprocher cette faune du Permien de Russie et du calcaire à *Productus* de l'Inde.

» En particulier des formes très analogues ont été figurées par Waagen, de la localité de Jabi (Calc. à *Productus* supérieur).

» Toutefois de petits polypiers analogues ont été figurés par Loczy (*Favosites reticulatus*, *Stomatopora concentrica*) comme venant du Dévonien de Pe-Suj-Kiang (Kan-Sou).

» 6° *Permien*. — Schistes de Ngan-Tchouang-Po (Kouei-Tcheou).

» *Spiriferina cristata*, *Productus intermedius*, *Chonetella* Waagen, *Fenestella*, *Favosites*.

» Le *Spiriferina cristata* présente de très grandes variations dans la grosseur et dans le nombre des perforations qui varient de 25 à plus de 100 par millimètre carré; les *Productus* appartiennent au groupe du *Pr. intermedius* du Permien de Djoulfa; ils sont malheureusement presque toujours incomplets ou déformés. Une troisième forme est voisine des *Chonetes* et le moulage interne d'une valve dorsale présente les caractères du genre *Chonetella* Waagen.

» Cette faune présente des analogies bien nettes avec le Permien de Djoulfa et avec les calcaires à *Productus* de l'Inde. Il faut en rapprocher également le Permien de Luang-Prabang, où M. Counillon (*Comptes rendus*, 28 décembre 1896) a signalé également des couches à *Spiriferina* et à *Productus* épineux; la première de ces formes me paraît être le *Sp. cristata*, et la seconde est voisine du *Pr. Abichi*, Waagen; ajoutons que, sur ce dernier point, une couche de houille de 1^{m} est signalée dans le voisinage.

» 7° *Permien moyen ou supérieur*. — Marbre blanc et marbre jaune clair de Lou-Nan-Tcheou (Yun-Nan).

» *Athyris* (*Spirigerella*) *grandis* (in Waagen), *Athyris*, cf. *media*, *Uncinella indica*, *Fusulina japonica*, *Schwagerina craticulifera*, *Schwagerina Verbeecki*.

» Ce niveau bien caractérisé par l'abondance des *Schwagerina* et des *Fusulina* paraît avoir une très grande extension. Il a été signalé sur la côte ouest de Sumatra par Verbeeck et au nord par Schwager (in Richthofen), et par Lorenthey (in Loczy), dans plusieurs localités de la Chine (Yun-Nan, Nan-King, provinces du Hou-Pe et du Kiang-Sou), et jusqu'au Japon. Par sa faune de Brachiopodes, ce niveau se rattache d'autre part aux calcaires à *Productus* de l'Inde et au Permien de Djoulfa.

» 8° *Trias inférieur.* — A. Calcaire dur, grisâtre, à Céphalopodes et petits Gastropodes, de Cha-Tze-Kang (près Kouei-Yang, Kouei-Tcheou); il est presque impossible de détacher les fossiles de la roche : par la forme de la coquille et par le tracé des cloisons, une de ces espèces reproduit presque idendiquement le *Lecanites psilogyrus* (Waagen), des calcaires à *Ceratites* inférieurs de l'Inde (ce rapprochement m'a été indiqué par M. Haug).

» B. Schistes jaunes fins et très tendres de Sui-Long-Tien près de Ko-Tiou (Yun-Nan), avec empreintes de Bivalves.

» L'une de ces empreintes reproduit identiquement la figure que Loczy a donnée de la *Myophoria Szechenyi* et qui provient de Tschung-Tien (Yun-Nan).

» On pourrait rapprocher ces couches de celles des environs de Lang-Son avec *Norites*, et où j'ai signalé précédemment (*B. S. G. F.*, 19 avril 1886) des empreintes de *Myophoria* (*M. Goldfussi?*).

9° *Trias moyen.* — Marbre grisâtre de Mong-Tze (Yun-Nan). C'est un calcaire coralligène : quelques parties devenues farineuses par altération ont fourni un certain nombre de Gastropodes très bien conservés et qui présentent une analogie remarquable avec la faune d'Esino et de Marmolata :

» *Naticopsis* (*Hologyra*) *declivis*, Kittl; *Delphinulopsis Cainali*, Stoppani (ou *vernelensis*, Kittl); *Undularia* cf. *Escheri* (ou cf. *pachygaster*, Kittl); *Trochus*, analogue au *Trochus glandulus* Laube, mais à tours franchement coniques; *Cladophyllia; Encrinus liliiformis ?* articles de la tige.

» 10° *Lias?* — Une dolomie de Iao-Pou (Kouei-Tchéou) avec moules de Gastropodes néritiformes (*Hologyra?*) et de *Pleuromya*, pourrait appartenir au jurassique; mais les caractères paléontologiques ne sont pas suffisants pour permettre de l'affirmer.

» On voit que les fossiles rapportés par M. Leclère viennent confirmer la grande unité géologique de la région chinoise et indo-chinoise. Ils mettent en évidence des analogies partielles très intéressantes avec la Perse et l'Inde à l'ouest, la Chine septentrionale et le Japon au nord, l'Indo-Chine et les îles de la Sonde au sud. »

GÉOLOGIE. — *Sur l'Oligocène de la région comprise entre Issoire et Brioude.* Note de M. **J. Giraud**, présentée par M. Albert Gaudry.

« Jusqu'à ces dernières années on attribuait aux terrains tertiaires lacustres des environs d'Issoire la composition suivante : à la base, un étage

rapporté à l'Éocène, formé de sables quartzeux et feldspathiques. Au-dessus, des argiles sableuses supportant des calcaires d'eau douce à *Potamides Lamarcki*, *Limnœa pachygaster*, *Planorbis cornu*, étaient rattachées au Miocène inférieur (Oligocène). En 1885, MM. Michel-Lévy et Munier-Chalmas ont découvert des Striatelles et des Nysties dans les intercalations calcaires placées vers la base des assises tertiaires de Régnat et Montaigut-le-Blanc. Ces fossiles leur ont permis de mettre ces couches au niveau du calcaire de Brie du bassin de Paris. Plus tard, M. Boule, dans diverses publications, a établi que toutes les assises sédimentaires des environs de Brioude appartenaient à l'Oligocène et qu'au milieu du système détritique inférieur se trouvaient des calcaires qui, d'après leur faune (*Entelodon, Cadurcotherium* de Bournoncle-Saint-Pierre), devaient être rangés sur le même horizon que les calcaires de Ronzon, dans le calcaire de Brie.

» Les recherches que je poursuis sur les terrains lacustres du Plateau Central me permettent de compléter ces données. Dans la région comprise entre Issoire, Saurier, Ardes et Saint-Germain-Lembron, les formations oligocènes sont plus complexes. Les dépôts calcaires prennent un grand développement et alternent, sur de grandes épaisseurs, avec des produits détritiques. On peut cependant y distinguer trois groupes d'assises :

» 1° A la base, des graviers et des argiles sableuses (15^m à 40^m);

» 2° Un ensemble de couches marno-calcaires renfermant, suivant les points, des espèces d'eau saumâtre, d'eau douce ou terrestres (20^m à 80^m);

» 3° Un nouvel ensemble marno-calcaire débutant, le plus souvent, par des grès ou des argiles.

» Les argiles sableuses inférieures n'ont livré, jusqu'ici, aucun reste organique. On peut cependant les rapprocher des couches gypseuses du Puy et des argiles sableuses de Saint-Bonnet, près de Gannat, qui forment la base des dépôts oligocènes de cette région et dans lesquelles on a trouvé *Palæotherium medium*.

» Dans le second groupe d'assises, j'ai découvert à Apchat, Perpezat, Augnat, dans les environs d'Ardes, une faune de Cérithes et de Potamides d'eau saumâtre, parmi lesquels *Potamides Lauræ* Math., *P.* cf. *margaritaceus* Bro., *P. submargaritaceus* Braun, *Cerithium plicatum* Brug., *C. conjunctum* Desh., associés à *Cyrena semistriata* Desh. et à d'autres Cyrènes de grande taille. A Letz, près de Madriat, ces assises renferment presque exclusivement des moules d'Hélices. Près de Saint-Germain-Lembron, à Gignat, ces mêmes calcaires m'ont livré une faune d'eau douce : *Limnœa longiscata* Brgt., *L. acuminata* Brgt., *L. strigosa* Brgt., *Planorbis inversus* Desh., *Pl.*

spiruloides Desh., presque identique à celle de Ronzon; des bancs intercalés à *Cerithium plicatum* et Cyrènes attestent la proximité de la mer. Parmi les échantillons des collections de Bravard et Croizet conservées dans les galeries de Paléontologie du Muséum, j'ai trouvé, provenant de ces calcaires, des mâchoires de Didelphes (*Peratherium*) semblables à ceux de Ronzon. Ces formes inférieures de Mammifères, qui, en France, se sont éteintes au début de l'Oligocène, justifient l'attribution de ces couches à l'Infratongrien. On peut donc les ranger sur le niveau des calcaires de Rouzon, des calcaires à Striatelles de Régnat et des calcaires de Saint-Bonnet, près de Gannat, où MM. de Launay et Munier-Chalmas ont trouvé une faune saumâtre très voisine de celle des environs d'Ardes. Les couches supérieures de cette formation marno-calcaire renferment parfois les mêmes Potamides, mais sont surtout caractérisées par un Potamide à tours finement striés longitudinalement et que je crois identique à l'espèce, non figurée, que M. Munier-Chalmas a désignée sous le nom de *P. arvernensis*. Un lambeau de cette formation se rencontre, avec les mêmes espèces d'eau saumâtre, à une altitude de 955^{m}, dans le soubassement de l'ancien cône volcanique de Malnon.

» Dans le système supérieur, les grès de la base sont très réduits dans la région d'Ardes et de Saint-Germain. Ils sont surmontés par des calcaires jaunes durs à Cypris et Hydrobies. Ces grès prennent un grand développement vers le nord (arkoses supérieures); à l'ouest de Montaigut-le-Blanc, sous le basalte du plateau de Chazoux, ils sont surmontés par des couches calcaires renfermant *Potamides arvernensis* M. Ch., *P. Lamarcki* Brgt., et deux espèces de Cérithes du groupe du *C. plicatum*.

» Nous pouvons établir de la façon suivante le synchronisme des formations oligocènes de cette région avec celles du bassin de Paris :

» 1° Le système détritique inférieur vient se placer dans l'Infratongrien vers les marnes blanches et les marnes vertes à *Cyrena semistriata;*

» 2° Le système marno-calcaire inférieur est du même âge que le calcaire de Brie;

» 3° Le système marno-calcaire supérieur est l'équivalent des sables de Fontainebleau.

» L'Aquitanien semble manquer dans cette région par suite des érosions qui ont porté sur les parties affaissées. En effet, la plaine de la rive gauche de l'Allier, au sud d'Issoire, connue sous le nom de *Lembron*, doit être considérée comme une région effondrée entre la plate-forme gneissique du Cézallier et l'arête granitique du Forez. Les contours que j'ai

relevés m'ont permis de déterminer les grandes cassures, orientées généralement N25°O, qui ont abaissé ce bassin et de les relier aux cassures limites de l'ouest de la Limagne. »

GÉOLOGIE. — *Sur la dénudation de l'ensemble du plateau lorrain et sur quelques-unes de ses conséquences.* Note de M. **Bleicher**, présentée par M. Albert Gaudry.

« Les recherches sur la dénudation du plateau central de Haye qui ont fait l'objet des Notes précédentes ([1]), complétées par des études parallèles sur tout le plateau lorrain des Vosges à la Meuse, ont permis de coordonner les renseignements nombreux fournis sur ce sujet par les géologues ([2]).

» Nous essaierons dans cette Note, pour la région comprise entre la bande oolithique et la limite extrême de ce plateau, de présenter quelques-uns des résultats de cette enquête, qui, vu l'étendue du terrain, n'a pu être aussi minutieuse que celle de la région bien limitée du plateau central de Haye.

» Et d'abord, elle a démontré que les traces de la dénudation peuvent être suivies partout, dans ces limites, par des remplissages de fissures sur les affleurements des calcaires durs souvent exploités, par des placages de marnes, d'argiles de déchet, souvent avec minerai de fer noduleux ou pisolithique, dans certains cas fossilifères (plateau de Malzéville, près Nancy). Le tout est accompagné de cailloux vosgiens généralement quartzitiques, rarement granitiques, de sable vosgien plus ou moins mêlé aux marnes et argiles, avec ou sans fossiles jurassiques ou néocomiens ([3]) et ossements ou dents d'animaux pléistocènes.

» Ce sont là les caractéristiques de l'étage P de la Carte géologique au $\frac{1}{80000}$, dont les affleurements sont très disjoints, souvent négligés sur les Cartes, en raison de leur peu d'importance.

» Au point de vue topographique, il se maintient généralement à des

---

([1]) *Comptes rendus*, 15 janvier et 5 février 1900.

([2]) De Billy, *Esquisse de la Carte géologique des Vosges* (*Ann. Soc. ém.*, 1850). — Buvignier, *Statistique minéral. et géol. de la Meuse*, 1852. — Braconnier, *Description minéral. et géol. des terres de Meurthe-et-Moselle*, 1883.

([3]) Buvignier, *ibid.*, p. 399.

hauteurs considérables, de 200^m au maximum au-dessus du thalweg des vallées fluviales, jusqu'à une limite inférieure qu'il est impossible de fixer. Les cailloux, sables, marnes dont il est composé descendent suivant les pentes et les fissures élargies au-dessous de leur position première (haute dépression de Foug à Lay-Saint-Rémy), ou viennent se mêler [Viller-le-Sec (Meurthe-et-Moselle), Beaumont-Letanne (Meuse)] avec les sables et graviers plus récents des terrasses quaternaires, d'où résultent des erreurs que l'observation minutieuse permet seule d'éviter.

» Quoi qu'il en soit, les gisements de cet étage nous ont servi de repère, et il a été possible, en les suivant pas à pas, de les relier nettement des bassins de la Meurthe et de la Moselle, à celui de la Meuse, de Nancy à Mouzon, par Pagny-sur-Meuse. Ils se montrent partout identiques et ne diffèrent guère, aux environs de Beaumont (Meuse), de ceux de la région de Haye que par une plus grande abondance de roches granitiques fortement décomposées.

» Pour expliquer une telle répartition d'apports vosgiens indépendante des cours d'eau actuels, il faut évidemment accepter l'hypothèse, déjà émise pour le plateau central de Haye, d'un plan incliné assez fortement, reliant le plateau lorrain aux Vosges.

» On peut, à son aide, concevoir qu'une longue période de temps s'est passée dans ces conditions topographiques particulières, jusqu'à ce que, l'équilibre étant rompu par des fractures et des fissures, le burinage du sol lorrain avec toutes ses conséquences s'est transporté du sommet du plateau, démantelé par le long passage des eaux, dans les creux qui se formaient et s'approfondissaient sous l'influence des eaux continuant à descendre en abondance des Vosges. Ce déplacement, évidemment lent, du travail des eaux devait être accompli à l'époque pléistocène.

» C'est ce qui me paraît résulter des faits suivants : les gisements de lignites à flore et faune glaciaires de Bois-l'Abbé près d'Épinal, de Jarville près Nancy ([1]), se trouvent, le premier à environ 70^m au-dessus de la Moselle actuelle, le second à peine à 20^m au-dessus de la Meurthe. Le premier appartenant au cours supérieur de la Moselle, on s'explique l'approfondissement considérable de la vallée; le second étant situé dans le cours inférieur de la Meurthe, le creusement a été moindre. Il est plus faible encore (12^m à 15^m au plus) dans la vallée de l'Ingressin (de Toul au val de l'Ane), passage supposé de la Moselle dans la Meuse, où les graviers mosellans, datés comme ceux de

---

([1]) P. Fliche, *Sur les lignites quaternaires de Jarville* (*Comptes rendus*, 10 mai 1875). — *Id., Sur les lignites de Bois-l'Abbé.*

Jarville par *Elephas primigenius*, ne dépassent pas cette hauteur à Écrouves, leur banquette de marne sableuse à *Succinea oblonga* Drap. et *Helix hispida* L., comprise [1].

» En résumé, on peut conclure de ces recherches que des apports vosgiens, mélangés de déchets de dénudation locale ou venus de loin, se sont répandus sur la surface et dans les fissures du plateau lorrain, *généralement surélevé*, sans qu'on puisse, jusqu'ici, en dehors de la région centrale de Haye, préciser l'importance de ces ablations.

» Leur répartition actuelle ne peut s'expliquer que par une communication directe avec les Vosges en plan assez incliné pour permettre aux cailloux pugilaires de glisser sur la surface du plateau.

» La communication avec les Vosges rompue, l'activité des eaux s'est peu à peu transportée de haut en bas, cherchant un débouché différent de celui qu'elles avaient antérieurement. Après une longue période de tâtonnements, les eaux ont peu à peu évolué vers leur cours actuel, qui paraît avoir été réalisé dans ses grands traits pour la Meurthe, la Moselle, la Meuse, dès l'époque pléistocène.

» La présence d'alluvions vosgiennes sur les plateaux qui bordent la vallée de la Meuse en aval de Pagny comme dans le fond de celle-ci s'explique par cet état de choses ancien, dont elles sont restées les témoins. »

MÉDECINE. — *Sur le débit comparé des deux reins* [2]. Note de MM. E. **Bardier** et H. **Frenkel**, présentée par M. d'Arsonval.

« Déjà Herrmann [3] avait remarqué que la quantité de liquide qui s'écoule en un temps donné des deux uretères n'était pas égale pour les deux reins, et aussi pour le même rein, à divers moments de l'expérience. C'est là un fait hors conteste. Nous avons repris cette étude à l'aide d'une méthode expérimentale que nous avons déjà décrite et qui consistait dans l'observation de l'écoulement urinaire goutte par goutte avec enregistrement pendant un temps prolongé.

---

(1) *Bulletin des séances de la Soc. de Nancy*, 15 nov. 1899 (*Sur deux dépôts quaternaires voisins du lehm*).

(2) Travail du laboratoire de Physiologie de la Faculté de Médecine de Toulouse.

(3) Max Herrmann, *Sitzungsber. der K. Academie der Wissensch. zu Wien*, t. XXXVI, p. 357; 1859.

» Voici les résultats qui se dégagent d'un assez grand nombre d'expériences :

» A. Écoulement urinaire a l'état normal. — 1° *Différences de l'écoulement urinaire pour le même rein.* — En règle générale, l'écoulement de l'urine se fait d'une façon remarquablement uniforme et continue. Si Herrmann et d'autres ont noté des variations, celles-ci étaient sans doute dues à des influences extérieures qu'il n'est pas toujours possible d'éviter, telles que le refroidissement de l'animal, la narcose prolongée, mais surtout et avant tout, les obstacles mécaniques du côté de l'uretère.

» 2° *Différences de l'écoulement urinaire dans les deux reins.* — Ici encore, en règle générale, on observe un débit sensiblement égal, pourvu qu'on ait réussi à se mettre à l'abri des causes d'erreur. Il est bon de faire observer qu'il est plus difficile qu'on ne le croirait, *a priori*, d'obtenir un débit urinaire qui soit l'exacte expression de la capacité sécrétoire du rein, et qu'on ne peut considérer comme démonstratifs, à notre point de vue, que les cas où chaque rein donne au moins deux à trois gouttes par minute.

» B. Écoulement urinaire a l'état de pléthore. — C'est pour éviter ces causes d'erreur que nous avons exagéré la sécrétion rénale par des injections intra-veineuses d'eau salée. Dans ces conditions, on observe un certain nombre de faits qu'il était difficile de constater lorsque l'écoulement urinaire n'était pas renforcé. En effet, tous les phénomènes physiologiques s'exagèrent et les différences qui peuvent exister entre l'activité des deux reins deviennent ainsi plus manifestes.

» 1° *Différences de l'écoulement urinaire pour le même rein.* — Ces différences concernent surtout le rythme de l'écoulement urinaire que nous examinerons à part. Nous n'insistons pas aujourd'hui sur ce point. D'une façon constante, l'écoulement de l'urine s'exagère progressivement jusqu'à une certaine limite, ainsi que l'ont déjà bien étudié MM. Dastre et Loye.

» 2° *Différences de l'écoulement urinaire dans les deux reins.* — On peut observer sous ce rapport divers types, qui deviennent très nets si l'on dresse des courbes correspondant à la quantité d'urine émise. Lorsque l'injection d'eau salée n'est ni trop abondante ni trop rapide, la vitesse d'écoulement s'accélère également dans les deux uretères d'une façon continue. Dans d'autres cas, il peut arriver que, après une accélération d'une certaine intensité, un rein continue à sécréter très abondamment, tandis que l'autre manifeste une certaine infériorité sous ce rapport vis-à-vis du premier. Mais quels que soient les types artificiels qu'on puisse construire un fait se dégage de toutes nos expériences : c'est que le débit urinaire à l'état

normal paraît sensiblement égal, dans la majorité des cas, pour les deux reins, tandis qu'il suffit d'injecter une certaine quantité de liquide dans les veines pour voir souvent l'inégalité du débit apparaître ou s'accentuer si elle existait avant l'injection.

» Tantôt c'est le rein gauche, tantôt c'est le rein droit qui présente une plus grande activité fonctionnelle.

» MM. Dastre et Loye ont montré que, dès qu'on dépasse une certaine limite dans les injections de solution physiologique, les reins se comportent pour ainsi dire comme un simple filtre, chargé de débarrasser, avec les autres voies d'excrétion, le système vasculaire de son trop-plein.

» Sans discuter ici jusqu'à quel point les reins ont fonctionné comme glandes ou comme filtres, nous pouvons dire que, au point de vue de la sécrétion d'eau, l'aptitude du rein à déverser le trop-plein peut ne pas être la même des deux côtés. Il y a donc dans ces cas infériorité fonctionnelle d'un rein par rapport à l'autre.

» Cette infériorité, qui a été remarquée par plusieurs auteurs, est si faible à l'état normal qu'elle ne dépasse pas la limite des erreurs d'observation. Au contraire, dans les cas de pléthore artificielle, les différences sont assez marquées pour exclure l'idée d'une telle erreur.

» Pour expliquer ces différences rappelons que dans les expériences de laboratoire on utilise souvent des animaux dont le passé pathologique nous est inconnu et qui peuvent présenter des lésions rénales d'inégale intensité des deux côtés. Les coupes histologiques que M. le professeur Herrmann a bien voulu faire sur des reins d'animaux qui ont servi à nos études nous font prévoir que la raison de l'inégalité fonctionnelle des reins doit être cherchée, tout au moins dans certains cas, du côté des altérations morphologiques bien caractérisées. Reste à savoir si en dehors de telles altérations il y aurait place pour une inégalité fonctionnelle d'ordre physiologique, latente à l'état normal. »

MÉDECINE. — *Action des courants de haute fréquence et de haute tension sur la tuberculose pulmonaire chronique.* Note de M. le Dr **E. Doumer**, présentée par M. d'Arsonval.

« Depuis plus de quatre ans je poursuis l'étude de l'action que les courants de haute fréquence et de haute tension, introduits dans les sciences médicales par M. d'Arsonval, exercent sur la marche et sur l'évolution de

la tuberculose pulmonaire chronique. Mes recherches ont porté jusqu'à ce jour sur dix-sept malades des deux sexes, atteints de cette affection à des degrés divers; les résultats qu'elles m'ont donnés sont assez constants et assez nets pour qu'il ne soit pas à craindre que des observations ultérieures viennent modifier les conclusions générales que je crois pouvoir en tirer.

» La plupart de ces malades étaient dans la période de crudité de la tuberculose pulmonaire; quelques-uns avaient déjà dépassé cette première période et présentaient des signes très nets de ramollissement; deux seulement en étaient encore à la période dite *prétuberculeuse*. Je ne crois pas inutile de dire que la plupart de ces malades, qui tous d'ailleurs étaient pris dans la classe ouvrière ou peu aisée, ont été soignés publiquement dans mon service de l'hôpital Saint-Sauveur, de Lille, sous les yeux de mes élèves. Beaucoup m'étaient envoyés par mon collègue de la Faculté, M. le Dr Lemoine, professeur de clinique médicale à la Faculté de médecine de Lille, dans le service duquel ils se trouvaient; ces derniers étaient et sont encore attentivement suivis tant par M. Lemoine lui-même que par ses chefs de clinique, MM. Gallois et Huyghe, et par les nombreux élèves qui sont attachés à ce service.

» Pour tous ces malades, la technique opératoire a été à peu près la même : pour tous, en effet, je promenais l'effluve, provenant d'un puissant appareil, sur la surface du thorax correspondant aux lésions tuberculeuses constatées ou soupçonnées, tant en avant qu'en arrière, c'est-à-dire, dans la très grande majorité des cas, dans les fosses sous-claviculaires et dans les fosses sus- et sous-épineuses. Les séances étaient le plus souvent quotidiennes, parfois elles n'avaient lieu que trois fois par semaine et duraient de cinq à douze minutes. Je ne cherchais nullement à éviter les étincelles longues et grêles, qui d'ailleurs ne sont pas douloureuses, qui s'échappaient parfois entre l'électrode et le malade; parfois même je provoquais intentionnellement ces étincelles.

» Quoique la réaction à ce traitement ait varié dans d'assez grandes limites, en raison de conditions individuelles ou bien en raison du degré d'avancement des lésions et de l'état diathésique plus ou moins accusé, on peut cependant tirer quelques conclusions générales. Pour les exposer plus clairement, je prends comme type les réactions d'un malade atteint de tuberculose pulmonaire dans sa première période et présentant les signes les plus habituels et les plus constants de cette affection.

» Les divers symptômes ne cèdent pas avec la même rapidité à ces sortes d'applications; quelques-uns cèdent dès le commencement du traitement, c'est le cas de la *transpiration* et de la *fièvre vespérale;* d'autres sont

plus lents à disparaître, comme l'*amaigrissement*, la *toux* et l'*expectoration;* d'autres enfin ne cèdent qu'à un traitement longtemps prolongé, tels que les *signes sthétoscopiques;* quelquefois même ils persistent, quoique fort atténués, pendant des années après la fin du traitement.

» Les premières applications ne produisent généralement aucune modification particulière; peut-être cependant, dans des cas de particulière susceptibilité des voies respiratoires, elles augmentent momentanément les quintes de toux, elles les provoquent alors pendant leur durée même. Mais vers la cinquième ou la huitième application, les *transpirations nocturnes* commencent à diminuer et elles se tarissent complètement vers la quinzième séance. Cette disparition est complète et définitive, je n'ai observé de retour que dans deux cas, à l'occasion de rechutes dues à des refroidissements.

» L'atténuation de la *fièvre vespérale* se fait à peu près dans le même temps; l'accès de fièvre est d'abord de durée moindre, puis il cesse complètement et, comme pour les transpirations, cette disparition de la fièvre est définitive, il est très rare d'en constater le retour au cours du traitement.

» Vers la quinzième séance, souvent plus tôt, l'*appétit* commence à devenir meilleur; il est capricieux encore et même inconstant, mais il ne tarde pas à s'affermir et à devenir non seulement normal mais encore impérieux. C'est là ce que l'on constate, en général, vers la fin du premier mois ou vers le milieu du second mois du traitement.

» Tels sont les premiers effets que l'on constate, mais ils ne sont pas les seuls que l'on puisse attendre de ces applications : vers le second mois du traitement, souvent plus tôt, rarement plus tard, la *toux* devient moins persistante et moins pénible. Il n'est pas rare de voir les malades dormir toute la nuit d'un sommeil réparateur, non troublé, d'autant plus calme que depuis longtemps déjà ils n'ont plus de transpirations. Les quintes de toux ne reviennent alors que le soir et le matin, et encore durent-elles moins longtemps et sont-elles moins pénibles.

» L'*expectoration* subit des modifications parallèles, tant au point de vue de l'abondance que de la nature des crachats. Elle devient, en effet, de moins en moins abondante en même temps que, de purulents, les crachats deviennent hyalins et muqueux. Dans les cas où il a été possible de faire d'une façon régulière l'examen bactériologique des crachats, on a constaté une diminution très accusée des bacilles et parfois leur disparition complète.

» Mais, contrairement à ce qui se passe pour la transpiration et pour la

fièvre, on a de fréquents retours en arrière; il est habituel de constater, après une période d'absence complète de bacilles dans les crachats, une réapparition de ces micro-organismes. Ils ne disparaissent complètement et d'une façon définitive que beaucoup plus tard, vers la fin du traitement.

» Les *râles* et les *craquements* se raréfient et finissent par disparaître, comme si les lésions anatomiques qui les produisent disparaissaient elles-mêmes et laissaient à leur place un tissu pulmonaire sain et normal. Cette disparition des râles et des craquements est lente à se produire; ce n'est guère que vers le troisième ou le quatrième mois du traitement qu'on commence à la constater. Mais j'ajoute qu'elle est la règle et que rares sont les cas où elle n'est pas complète ou à peu près complète vers le sixième ou le huitième mois de traitement.

» Enfin, comme il est facile de le prévoir d'après l'amélioration des signes que je viens d'énumérer, l'*état général* lui-même s'améliore dans de très grandes proportions. D'abord l'*amaigrissement* s'arrête, puis peu à peu le *poids* du corps commence à augmenter, et il le fait parfois d'une façon très rapide.

» Je sais avec quelle prudence il faut parler de guérison dans une maladie aussi décevante que la tuberculose pulmonaire; ce ne sera que par une observation prolongée pendant des années que l'on pourra constater si les améliorations que je viens de décrire sont permanentes et peuvent être considérées comme définitives. Cependant, si des dix-sept cas sur lesquels je me suis basé pour établir les conclusions qui précèdent je ne retiens que les cinq premiers cas dont le traitement est terminé depuis deux ans au moins, je puis dire que pour eux la guérison symptomatique s'est maintenue sans fléchir, malgré de graves maladies intercurrentes; je puis dire aussi que les lésions pulmonaires dont on avait constaté la disparition ou une atténuation équivalente à une guérison sont restées dans le même état qu'au moment de la cessation du travail. »

THÉRAPEUTIQUE EXPÉRIMENTALE. — *Du traitement de l'infection tuberculeuse par le plasma musculaire, ou zômothérapie.* Note de MM. **J. Héricourt** et **Charles Richet**, présentée par M. Marey.

« Nous avons montré ailleurs ([1]) que, conformément aux vagues notions répandues depuis longtemps en Médecine, l'alimentation des ani-

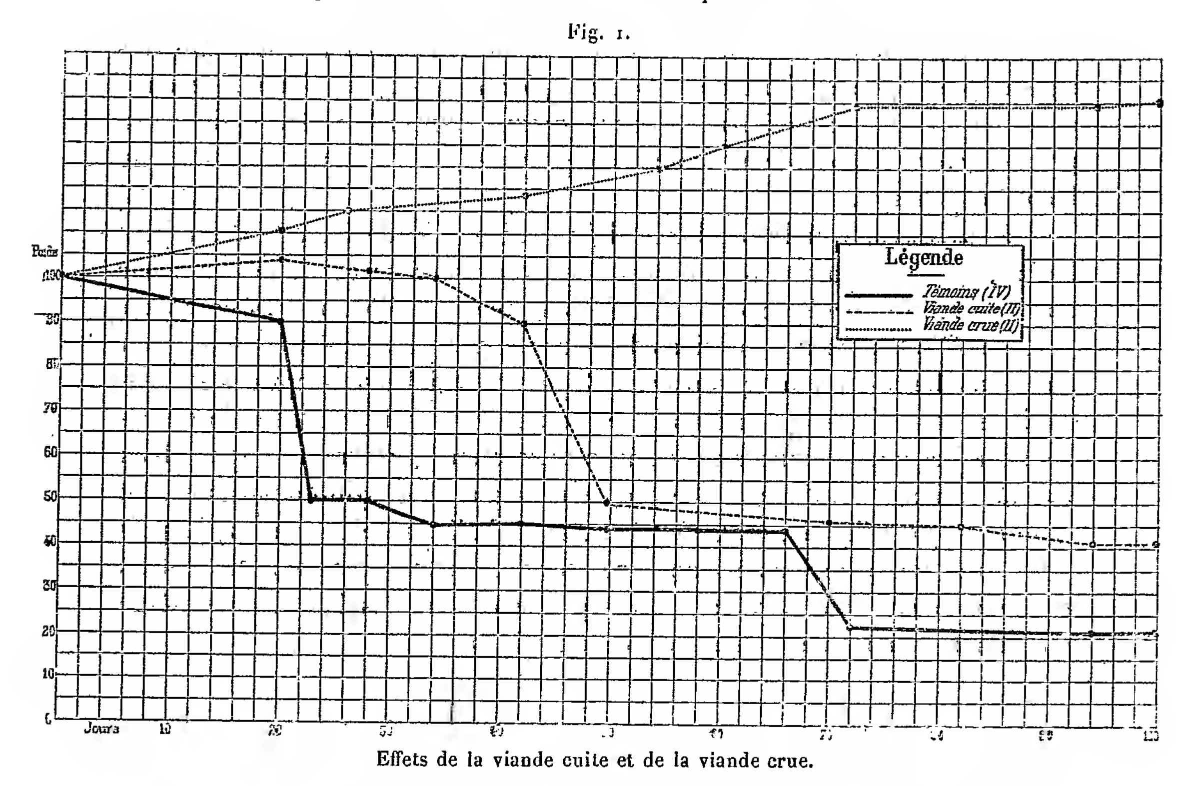
([1]) *L'alimentation exclusive par la viande dans le traitement de la tuberculose*

maux tuberculeux par la viande crue donnait des résultats remarquables. Il nous a été possible de pousser plus loin l'étude du mécanisme de cette action thérapeutique.

» 1° *La viande cuite n'a pas les mêmes effets que la viande crue.* — Sur deux chiens soumis à l'alimentation par la viande cuite, un est mort; l'autre a diminué en trois mois de 17 pour 100 de son poids. Donc la

Les trois figures ci-jointes indiquent, par le poids des animaux, la marche de l'expérience. En bas sont marqués les jours, de deux en deux jours. A droite, on a marqué les poids, en supposant le poids initial égal à 100. Pour que la lecture du graphique soit plus facile, les résultats de chaque groupe homogène ont été totalisés. Ainsi, pour construire la courbe, nous supposons que le poids de chaque chien est égal à 100, et nous faisons la moyenne de ces diverses unités pour chaque groupe homogène. On voit que la mort d'un chien fait baisser brusquement la courbe.

Fig. 1.



Effets de la viande cuite et de la viande crue.

cuisson, c'est-à-dire probablement la coagulation de certains ferments albuminoïdes, détruit, en partie, sinon en totalité, l'effet thérapeutique de l'alimentation carnée (voir *fig.* 1).

---

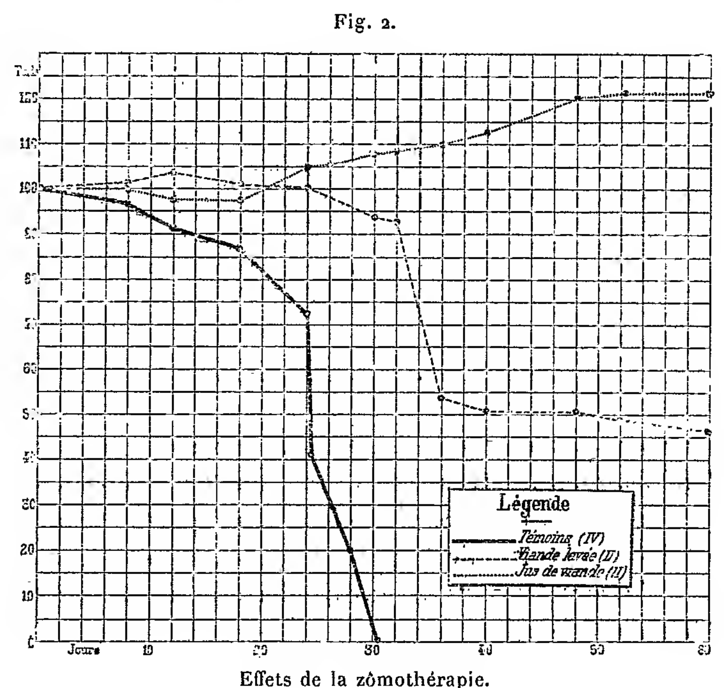
chez le chien (*Bulletin de l'Académie de Médecine de Paris,* séance du 28 novembre 1899).

» 2° Nous avons séparé la pulpe ou fibrine de la viande du plasma musculaire pour étudier séparément les effets de l'une et de l'autre.

» 2^{kg} de viande de bœuf, bien hachés, sont additionnés d'un litre d'eau, et laissés en contact pendant trois heures, à froid. Puis la masse est pressée complètement de manière à donner environ 1500^{cc} d'un liquide très rouge, se coagulant fortement par l'ébullition. Ces 1500^{cc} sont donnés chaque jour à deux chiens (soit 750^{gr} pour un chien). La pulpe indissoute est, pendant vingt-quatre heures, lavée à un grand courant d'eau froide, puis pressée de nouveau. Nous appellerons ce produit *viande lavée*.

» Or le plasma musculaire s'est montré seul véritablement actif, comme l'indique la *fig.* 2. Par conséquent, au point de vue thérapeutique de l'in-

Fig. 2.



Effets de la zômothérapie.

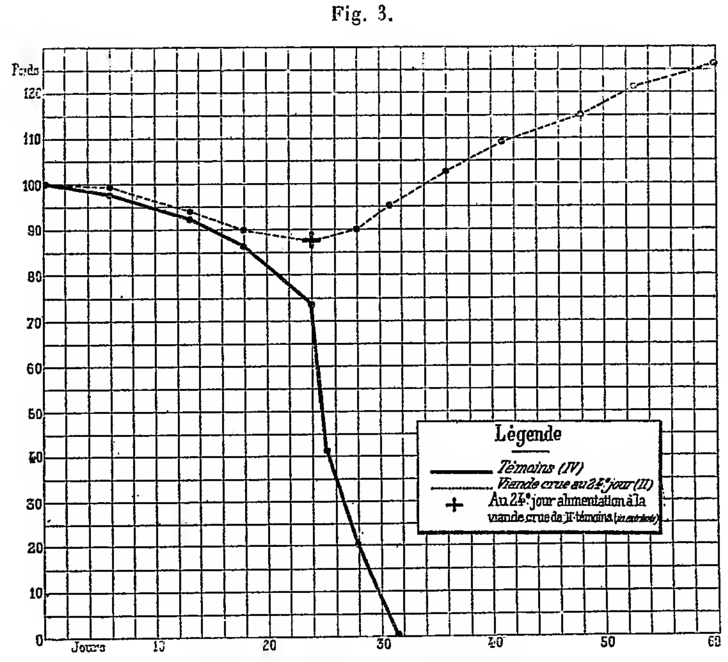
fection tuberculeuse, *la partie active de la viande consiste dans les parties solubles dans l'eau* (voir *fig.* 2).

» 3° Même lorsque les animaux infectés et non traités sont dans un état de détresse extrême, et que la mort est imminente, la viande crue est capable de les ramener à la vie.

» L'expérience de la *fig.* 3 le prouve. Six chiens ont été infectés de tuberculose. Lorsque trois d'entre eux furent morts, il en restait trois dans un état lamentable, au vingt-sixième jour. Nous donnâmes à deux d'entre eux de la viande crue, ils se réta-

blirent rapidement, et actuellement leur poids, par rapport au poids initial supposé égal 100, est de 122. Le sixième chien, non traité, est mort le 31e jour.

Fig. 3.



Effets de la viande crue, *in extremis*.

» 4° *On ne peut supposer qu'il s'agit d'un phénomène de suralimentation ou même d'alimentation.* — C'est par un tout autre mécanisme que s'exerce l'action du plasma musculaire. En effet, la proportion d'azote contenu dans 1000^gr de ce plasma n'est que de 5^gr,30, dont 1^gr,32 en matières solubles dans l'alcool : il reste donc 49^gr d'azote nutritif; soit, en chiffres ronds, 25^gr de matières albuminoïdes.

» Si donc il s'agissait de suralimentation, la viande cuite ou la viande lavée auraient un effet plus complet que le plasma. Or c'est le contraire qu'on observe. Il s'agit par conséquent d'une action immunisante analogue à celle des produits animaux injectés dans les veines. C'est de l'opothérapie musculaire. Nous proposons d'appeler *zômothérapie* (ζῶμος, jus de viande) cette opothérapie spéciale, qui est l'ingestion alimentaire du plasma de la viande.

» 5° Il est possible, comme semblent nous l'indiquer quelques faits dont nous ne pouvons encore donner le détail, d'une part, que cette zômothérapie s'applique à d'autres infections que l'infection tuberculeuse;

d'autre part, que, même administré prophylactiquement, le plasma musculaire, en se fixant sur les cellules de l'organisme, empêche le développement de l'infection. »

A 4 heures, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 4 heures trois quarts.

M. B.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS DANS LA SÉANCE DU 19 FÉVRIER 1900.

(*Suite.*)

Physiologische prœven genomen met Cinchona succirubra; 1ste stuk : *War wordt het alcaloïd gevormd?* door Dr J.-P. LOTSY. Batavia, 1899; 1 fasc. in-8°.

Onderzoek over bacteriën bij de fermentatie der tabak, door Dr J.-H. VERNHOUT. Batavia, 1899; 1 fasc. in-8°.

Six opuscules relatifs à la Zoologie, par CARLOS BERG. Buenos Aires, 1899; 6 fasc. in-8°. (Hommage de l'Auteur.)

Traité de Tactique pure, par EMILIO SALTINI. Bologne, s. d.; 1 fasc. in-8°. (Hommage de l'Auteur.)

Anuarulù museului de geologia si de paleontologia, sub directiunea D-lui GREGORIU STEFANESCU, pe anul 1894-96. Bucuresci, 1895-99; 3 vol. in-8°. (Présenté par M. Albert Gaudry.)

Report of the sixty-ninth meeting of the British Association for the advancement of Science, held at Dover in September 1899. London, 1900; 1 vol. in-8°.

The physical review, a journal of experimental and theoretical physics. Vol. X, number 1, January 1900. Lancaster, Pa., and London; 1 fasc. in-8°.

Videnskabelige Meddeleser fra den naturhistoriske Forening i Kjobenhavn for aaret 1899. Udgivne af Selskabets Bestyrelse. Kjobenhavn, 1899; 1 vol. in-8°.

Göteborgs Kungl. Vetenskaps- och Vitterhets-Samhälles Handlingar. Ny tidsföljd, h. 2. Göteborg, 1899; 1 vol. in-8°.

Iowa geological survey. Vol. IX. *Annual report*, 1898, *with accompanyng papers*. Des Moines, 1899; 1 vol. gr. in-8°.

Bulletin of the Museum of comparative zoölogy at Harvard College. Vol. XXXIV; vol. XXXV, n°s 3-6. Cambridge, Mass., U. S. A., 1899; 1 vol. et 4 fasc. in-8°. (With the compliments of Alexander Agassiz.)

Proceedings of the California Academy of Sciences. Third series. *Geology*, vol. I, n°s 5-6; *Zoology*, vol. I, n°s 11-12; *Botany*, vol. I, n°s 6-9. *Occasional papers*, vol. VI. San Francisco, 1899; 1 vol. et 7 fasc. in-8°.

The quarterly journal of the Geological Society. Vol. LVI, part I, n° 221. February 15th, 1900. London, Longmans, Green and C°; 1 vol. in-8°.

Anales de la Sociedad cientifica Argentina. Director : ingeniero Eduardo Aguirre; t. XLIX, entrega 1, enero 1900. Buenos Aires; 1 fasc. in-8°.

Modern medicine. vol. IX, n° 1. Battle Creek, Mich., U. S. A., January 1900; 1 fasc. in-8°.

Feilden's magazine, the world's record of industrial progress. Vol. II, n° 7, February 1900. London; 1 fasc. in-8°.

Ethnographie, Anthropologie prähistorik von Africa, Asien, Australien und Polynesien : Katalog 228, vorräthig bei Karl-W. Hiersemann, Leipzig, 1899; 1 fasc. in-12.

National Academy of design. Seventy-fifth annual exhibition, 1900 : *Illustrated catalogue*. New York; 1 fasc. in-12.

Ouvrages reçus dans la séance du 26 février 1900.

Institut de France. Académie des Sciences. Bulletin du Comité international permanent pour l'exécution photographique de la Carte du Ciel. T. III, fasc. 1. Paris, Gauthier-Villars, 1900; 1 fasc. in-4°.

Mélodies malgaches, recueillies et harmonisées par le R. P. E. Colin, S. J., Correspondant de l'Institut. 1re série. Tananarive, 1899; 1 fasc. in-4°.

Observatoire de Madagascar. Observations météorologiques faites à Tananarive, par le R. P. E. Colin, S. J. Vol. V, 1893. Tananarive, 1900; 1 vol. in-8°.

Travaux du laboratoire de Géologie de la Faculté des Sciences de l'Université de Grenoble, 1899-1900. T. V, fasc. 1. Grenoble, 1900; 1 fac. in-8°.

La tuberculose est curable. Moyens de la reconnaître et de la guérir; instructions pratiques à l'usage des familles, par le Dr Elisée Ribard, avec préface du Dr Maurice Letulle. Paris, Georges Carré et C. Naud, 1900; 1 vol. in-16. (Présenté par M. Armand Gautier; hommage de l'Auteur.)

Première étude sur la fièvre aphteuse, son étiologie, sa prophylaxie et son traitement, par GASTON PRÉVOST. Besançon, 1900; 1 fasc. in-8°. (Hommage de l'Auteur.)

Recherches des eaux souterraines et captage des sources, par PAUL-F. CHALON. 2[e] édition. Paris, Ch. Béranger, 1900; 1 vol. in-16.

L'Amour dans l'Univers, l'inversion dans la Création, par L.-C.-E. VIAL; 6[e] addition, s. l., 1900; 1 fasc. in-8°.

Bulletin des séances de la Société nationale d'Agriculture de France. T. LX, année 1900, n° 1. Paris, Chamerot et Renouard; 1 fasc. in-8°.

Bulletin de la Société géologique de France. 3[e] série, t. XXVI, n° 7, 1899. Paris; 1 vol. in-8°.

An Atlas of representative stellar spectra, from a 4870 to a 3300, by sir WILLIAM HUGGINS and lady HUGGINS. London, William Wesley and Son, 1899; 1 vol. in-f°. (Presented by the authors.)

Report of the meteorological Council, for the year ending 31[st] *of March* 1899, *to the president and Council of the Royal Society.* London, 1899; 1 fasc. in-8°.

Sur les radiants composés, dits stationnaires, des étoiles filantes, par TH. BRÉDIKHINE. (*Bulletin de l'Académie impériale des Sciences de Saint-Pétersbourg,* t. XII, n° 1, janvier 1900.) 1 fasc. in-4°.

Royal meteorological Institute of Netherlands. Comparison of the instruments for absolute magnetic measurements at different observatories, by D[r] VAN RIJCKEVORSEL. Amsterdam, H.-G. Bom, 1898; 1 fasc. in-4°.

Königl. niederländisches meteorologisches Institut. Magnetische Beobachtungen in der Schweiz, in der Jahren 1896 *und* 1897, ausgefürt von D[r] W. VAN RIJCKEVORSEL und D[r] W. VAN BEMMELEN. Amsterdam, H.-G. Bom, 1899; 1 fasc. in-4°.

The astrophysical journal, Vol. XI, n° 1, January 1900. Chicago; 1 fasc. in-8°.

Monthly notices of the Royal astronomical Society. Vol. LX, n° 3, januari 1900. London, 1900; 1 fasc. in-8°.

Memoir of the British astronomical Association. Vol. VIII, part II. *Eighth report of the section for the observation of the Sun.* London, 1900; 1 fasc. in-8°.

Astronomical papers, prepared for the use of the American Ephemeris and Nautical Almanac, published by authority of Congress. Vol. VII, part III : *Tables of Uranus;* part IV : *Tables of Neptun.* Washington, 1899; 2 fasc. in-4°.

Observations météorologiques suédoises, publiées par l'Académie royale des Sciences de Suède. Vol. XXXVI, 2e série; Vol. XXII, 1894. Stockholm, 1899; 1 fasc. in-4°.

Official Copy. Diurnal range of rain, at the seven observatories in connection with the Meteorological Office, 1871-1890, by ROBERT-H. SCOTT. London, 1900; 1 fasc. in-8°.

The Ophiuridæ, by C-F. LÜTKEN and TH. MORTENSEN. (Memoirs of the Museum of comparative Zoölogy at Harvard College; vol. XXIII, n° 2.) Cambridge, U. S. A., 1899; 1 vol. in-4°.

Report of the Commissioner of education for the year 1897-98; vol. II, containing parts II and III. Washington, 1899; 1 vol. in-8°.

ERRATA.

(Séance du 19 février 1900.)

Note de M. *Marcel Bertrand*, Déformation tétraédrique de la Terre et déplacement du pôle :

Page 461, ligne 21, *au lieu de* du pôle T_2, *lisez* du pôle.
Page 462, ligne 29, *au lieu de* $2N - 1$, *lisez* $(2N - 1)T$.
Page 463, note (2) ligne 4, *au lieu de* plus, *lisez* peu.

COMPTES RENDUS

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 5 MARS 1900,

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE LÉVY.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. **Émile Picard**, en déposant sur le Bureau le Tome II de son Ouvrage « Sur la théorie des fonctions algébriques de deux variables », s'exprime comme il suit :

« J'ai l'honneur de présenter à l'Académie le premier fascicule du Tome II du Traité *Sur la Théorie des fonctions algébriques de deux variables indépendantes*, que je publie avec la collaboration de M. Simart. Ce fascicule est principalement consacré à la Géométrie sur une surface algébrique; nous nous plaçons donc surtout ici, avec M. Nœther et les géomètres italiens qui l'ont suivi, au point de vue de l'Algèbre et de la Géométrie analytique, sans abandonner toutefois entièrement le point de vue transcendant qui tenait la place principale dans le Tome I, et auquel nous reviendrons dans le second fascicule. Nous y terminerons l'étude des intégrales doubles de seconde espèce, nous nous occuperons de leurs périodes

ainsi que des difficiles problèmes relatifs aux intégrales de différentielles totales de troisième espèce en étroite connexion avec les intégrales doubles de seconde espèce. L'étude de surfaces particulières, spécialement de celles qui se rattachent aux fonctions abéliennes, hyperfuchsiennes et hyperabéliennes terminera le Volume. »

GÉOLOGIE. — *Sur la symétrie tétraédrique du globe terrestre.* Note de M. DE LAPPARENT.

« Pendant que l'Académie est encore sous l'impression de la brillante synthèse par laquelle M. Marcel Bertrand a cherché à définir la loi des déformations de l'écorce terrestre, je désire appeler l'attention sur l'usage que mon savant confrère et ami a cru devoir faire de la conception tétraédrique de Lowthian Green.

» Ce n'est pas que M. Marcel Bertrand ait manqué au devoir de faire ressortir les mérites de l'hypothèse du savant anglais. Même, on pourrait dire qu'il s'est résolument abrité sous les plis du même drapeau, puisqu'il termine sa dernière Note par cette déclaration (1) : « En résumé, le » tétraèdre est le grand rouage, mis en jeu par le refroidissement, qui » conduit et règle tous les mouvements de la surface ».

» Or, il m'apparaît que les modifications introduites par notre savant confrère dans la conception primitive de Lowthian Green ont précisément pour effet de lui faire perdre les avantages par lesquels elle se recommandait à ceux qui veulent y trouver le principe rationnel du refroidissement terrestre. Pour cela, on me permettra de rappeler les grands traits de l'hypothèse, complétée, comme elle doit l'être, par l'ingénieuse remarque de M. Charles Lallemand, qui en fait une conséquence du principe de la moindre action, et par quelques considérations géographiques propres à en accentuer la portée.

» Si une enveloppe sphérique homogène recouvre un noyau qui se contracte, il est naturel qu'elle se comporte, dans sa déformation, de manière à garder, le plus longtemps possible, sa superficie sans déchirure ni duplicature. Or, de même que la sphère est le solide régulier qui enferme un volume donné sous le minimum de surface, ainsi le tétraèdre est le solide régulier qui couvre ce volume sous le maximum de superficie. On conçoit

(1) *Comptes rendus*, t. CXXX, p. 464.

donc qu'une enveloppe sphérique en voie de déformation prenne, sinon la forme du tétraèdre, du moins une figure coordonnée à la symétrie tétraédrique : telle, par exemple, que l'hexatétraèdre des minéralogistes, souvent réalisé par le diamant, et offrant même, dans cette substance, des faces courbes qui le rendent très voisin d'une sphère.

» Il n'y a d'ailleurs pas de raison pour que l'axe de la figure diffère de l'axe de rotation. On verra donc se produire dans un hémisphère, entre le tropique et le cercle polaire, trois protubérances également espacées, tandis que la quatrième ira sortir au pôle austral. L'océan qui entoure ces protubérances mettra en évidence les arêtes qui les réunissent, en donnant aux masses continentales une forme en pointe, aussi bien à l'est et à l'ouest que vers le sud, notion qui concorde en gros avec la disposition générale des terres et des mers; et le pôle nord étant marqué par une dépression (Nansen y a trouvé une mer profonde par places de 3800^{m}), le pôle sud sera marqué par une protubérance, qui serait cette terre antarctique où Ross a mesuré des montagnes de 4000^{m}.

» D'autre part, les protubérances boréales, en se dessinant, s'écartent de l'axe de rotation, tandis que les parties australes s'en rapprochent. Les unes gardent un excès, les autres un défaut dans la vitesse linéaire qui convient à leur situation nouvelle. De là une tendance à la torsion du tétraèdre, tendance qui, à l'époque où l'écorce était encore peu épaisse, a dû produire un déchirement, avec entraînement vers l'est de la partie australe. Ainsi s'explique la grande dépression méditerranéenne, qui partage en deux toutes les masses continentales, et si elle n'est pas parallèle à l'équateur, c'est, nous dit encore Lowthian Green, parce que l'action du Soleil sur les protubérances tétraédriques a dû incliner l'axe terrestre d'un certain angle, tandis que le décollement tendait à se produire dans le plan de l'écliptique.

» On sait d'ailleurs que, sur notre globe, un point donné de la surface des continents a dix-neuf chances sur vingt d'avoir ses antipodes en pleine mer. Or, le tétraèdre et les formes dérivées étant, par excellence, des figures à opposition diamétrale des saillies et des dépressions, aucune symétrie ne semble plus propre à exprimer ce trait dominant de la distribution des terres et des mers.

» En résumé, l'hypothèse tétraédrique groupe, de la façon la plus harmonieuse, les grands faits de la Géographie autour d'une idée remarquablement simple, qui semble s'imposer elle-même en vertu du principe de la moindre action.

» Ce bénéfice s'étend-il à la conception de M. Marcel Bertrand? Il importe de le remarquer, cette conception comporte non un tétraèdre unique, mais *deux tétraèdres* accouplés par leur base : l'un boréal, l'autre austral, irréguliers tous deux et formant par leur ensemble une double pyramide trièdre. Du coup il devient impossible de déduire cette forme du refroidissement régulier d'une enveloppe sphérique, comme aussi l'opposition nécessaire des deux sommets, ainsi que l'existence du plan de symétrie commun, se montrent en contradiction formelle avec le caractère antipodal des accidents de la surface terrestre. En même temps, le principe d'homogénéité se trouve choqué par la coexistence de deux sortes de sommets, les uns trièdres, les autres à quatre arêtes. Enfin, comme pour accentuer la contradiction, la jonction des deux moitiés du solide, loin d'accuser la grande dépression méditerranéenne, se fait par un triangle où se localisent trois sur cinq des protubérances de la double pyramide.

» Ce n'est pas tout, et l'hypothèse des deux tétraèdres opposés soulève, à mon sens, une autre objection, en ce que leurs arêtes sont définies par des fractures volcaniques. Au premier abord, je le reconnais, quand on envisage le tétraèdre simple, avec ses pointes si aiguës et ses arêtes si saillantes, il doit sembler tout naturel de considérer ces dernières comme les lieux du maximum de déformation, ce qui peut conduire à y placer de préférence le parcours des cassures volcaniques.

» Mais il en est autrement si l'on se borne à envisager la symétrie tétraédrique des continents et des mers. Chaque sommet du tétraèdre devient ainsi le centre d'un continent, c'est-à-dire d'une aire soulevée en masse, tandis que les mers marquent les aires déprimées. Or, la logique et l'observation conduisent à penser que les compartiments soulevés sont limités, relativement aux autres, par des cassures, lesquelles, au lieu d'être dirigées suivant les arêtes du tétraèdre, doivent, au contraire, les couper obliquement. Tel est justement le cas de la grande dépression du Pacifique, si constante à travers tant de périodes géologiques, et toujours limitée par les deux grandes lignes de fractures, asiatique et américaine, qui encadrent obliquement, l'une et l'autre, les protubérances continentales de la Sibérie orientale et du Canada.

» Encore si l'on pouvait dire que les positions assignées par M. Bertrand aux arêtes de sa pyramide trièdre soient réellement celles des fractures volcaniques contemporaines! Mais cette démonstration est loin de m'apparaître clairement. L'arête des Montagnes Rocheuses ne rencontre, entre le Mexique et l'Alaska, qu'un seul petit volcan actif, en Californie; celle

du Pacifique, au delà des îles Galapagos, ne trouve, sur *quatre-vingts degrés* d'étendue, aucun volcan actif jusqu'aux îles Samoa. En revanche, ces deux arêtes évitent le groupe volcanique le plus important qu'il y ait au monde, celui des îles Sandwich, réduit à se contenter d'une place sur le prolongement virtuel de l'arête européenne du tétraèdre; de sorte que c'est à une arête *inactive*, selon la définition même de M. Bertrand, que reviendrait la fonction de jalonner le plus actif des volcans de toute la terre. En effet, M. Lowthian Green a estimé à 300000 kilomètres cubes l'importance du seul cône de laves d'Hawaï, tel qu'il s'élève du fond du Pacifique, et les volumes réunis de tous les volcans actifs connus n'arriveraient pas à ce chiffre. En tout cas, il semble inadmissible qu'une figure représentative du volcanisme boréal puisse reléguer un tel facteur au dernier plan. Aussi ne saurais-je attacher une importance déterminante à des coïncidences qui, à mes yeux, justifient très imparfaitement la position donnée aux lignes directrices du système.

» En résumé, je ne vois rien qui s'oppose à ce qu'on demeure fidèle à la conception primitive de Lowthian Green. Au contraire, je signalerai, en faveur de cette solution, un argument qui me paraît de grande importance, en même temps qu'il plaide pour la permanence des éléments fondamentaux du tétraèdre à travers les âges géologiques.

» Il y a longtemps que M. Suess a mis en lumière la frappante homologie de deux portions de la surface terrestre, situées sur le même parallèle, et ayant pour centres, l'une la baie d'Hudson, l'autre le golfe de Finlande. Il les a nommées le *bouclier canadien* et le *bouclier baltique,* faisant ressortir que, dans l'une comme dans l'autre, un fond de schistes cristallins supporte des couches cambriennes sensiblement horizontales et nullement métamorphiques. Ainsi ces deux unités ont joui, dès les premiers âges, du privilège d'une stabilité complète, et jusqu'à nos jours elles ont échappé aux invasions marines.

» Les unités en question sont distantes de 120° en longitude et se prêtent parfaitement à l'installation de deux des sommets du tétraèdre, puisqu'elles sont les plus anciennes et les plus stables des protubérances continentales. Par raison de symétrie, le troisième sommet devrait se trouver dans la Sibérie orientale, aux environs d'Yakoutsk. Or justement, M. von Toll vient de faire paraître, dans les *Mémoires de l'Académie des Sciences de Saint-Pétersbourg*, un travail où il nous apprend qu'autour d'Yakoutsk, sur plusieurs degrés de longitude comme en latitude, le cambrien

fossilifère repose, en couches sensiblement horizontales, sur les schistes anciens.

» Les voilà donc, les trois sommets du tétraèdre initial! Les voilà, à leur place d'origine, n'ayant cessé, depuis les premiers temps primaires, non seulement de garder leur situation continentale, mais de résister, avec ce qu'ils supportaient, à tous les efforts de plissement; double privilège qu'aucun autre point du globe n'a partagé avec eux.

» Ce n'est pas d'ailleurs le seul exemple de permanence que nous offrent les éléments du tétraèdre. Il en est un autre que je tiens à mettre en lumière. Trop volontiers on représente les chaînes de montagnes européennes comme engendrées par une suite de bourrelets, dont chacun venait accroître, dans la direction du sud, une première bande continentale, limitée dans l'origine aux régions boréales.

» Pourtant, au milieu des temps tertiaires, à l'heure où se faisaient, dans les Alpes, les gigantesque charriages si bien mis en lumière par M. Marcel Bertrand, toute l'Allemagne du Nord a subi, dans une direction parallèle à celle des Pyrénées, un grand effort de plissement. Contre la bande médiane européenne se sont dressés les bourrelets de la Forêt de Teutobourg et du Wiehengebirge, ce dernier si remarquablement franchi par le Weser dans la cluse dite *Porta Westphalica*. En même temps, dans le Hartz, la poussée orogénique charriait le carboniférien sur les couches secondaires renversées, tandis que sur la tranche de ces dernières la craie supérieure chevauchait, de l'autre côté, le long d'une faille inverse de la précédente.

» Les sondages, perçant la couverture de dépôts morainiques du Brandebourg et de la Poméranie, ont montré que cette allure plissée s'étendait jusqu'à la Baltique, c'est-à-dire jusqu'au contact de l'inébranlable bouclier scandinave. Ainsi, vers la fin des temps géologiques, l'effort orogénique se donnait carrière au contact même de l'ère initiale de stabilité, juste à la place que n'avaient pu dépasser les plissements siluriens ou carbonifériens: constatation consolante pour ceux qui, comme moi, répugnent à de continuels déplacements de l'axe des pôles.

» C'est pourquoi, si j'osais esquisser les grands traits de la déformation du sphéroïde terrestre, je dirais que je m'en tiens à la notion, si bien exprimée par Elie de Beaumont dès 1852, du *rempli,* c'est-à-dire de la formation simultanée d'un bourrelet et d'un pli concave, à la jonction entre les aires soulevées et les aires affaissées. Seulement, dans ces dernières, il y a les aires largement ouvertes, telles que le Pacifique, où la poussée ne

rencontre aucun obstacle et ne donne lieu que par exception aux renversements et aux charriages. Tout autre est la condition de l'aire *méditerranéenne,* zone faible dessinée dès l'origine et constamment serrée entre les deux mâchoires d'un étau; la mâchoire septentrionale, individualisée dès le début, avec ses trois points d'appui : canadien, baltique et sibérien; la mâchoire méridionale, constituée un peu plus tard que la première, mais qui, depuis les temps carbonifériens, a constamment offert, dans le Brésil, l'Afrique, l'Inde et l'Australie, une bande aussi réfractaire au plissement qu'à l'invasion des mers.

» Comprimée dans cet étau, la dépression méditerranéenne n'a cessé de voir se dresser sur son fond des bourrelets, détruits au fur et à mesure, et servant d'aliments à la sédimentation qui devait peu à peu en combler la plus grande partie. Dans le dernier de ces bourrelets, dans les Alpes, les dislocations ont revêtu le maximum de complication dont elles fussent susceptibles, à cause des obstacles intermédiaires, dont la résistance s'ajoutait à celle des deux mailles de l'étau. De là ces désordres de tectonique dont on chercherait vainement la représentation dans les Andes, et dont les Montagnes Rocheuses ne reproduisent un très lointain écho que là où la poussée a rencontré d'ancienne date plusieurs obstacles parallèles.

» Mais je m'arrête à ce tableau très général, car nous avons encore trop de choses à apprendre en Géologie pour qu'il nous soit possible, à mon sens, de réduire en formule mathématique le processus si compliqué de la déformation de l'écorce terrestre; et l'objet de ma Note est bien moins d'en esquisser la théorie que de mettre en garde contre les séduisantes apparences d'une doctrine ingénieuse et savante, mais dont la précision me semble tout au moins prématurée. »

GÉOLOGIE. — *Observations à propos de la Note de M.* de Lapparent; par M. **Marcel Bertrand.**

« Je ne veux ni ne peux ici suivre M. de Lapparent sur le terrain qu'il a choisi; ce serait substituer à la discussion de faits et d'arguments bien définis celle de théories trop générales pour permettre de préciser les conditions d'entente ou de désaccord. Il y a seulement deux assertions que je veux relever : l'absence de charriages dans les Montagnes Rocheuses et la

prétendue permanence des formes géographiques. Pour la première, je renvoie aux Mémoires de MM. Mac Connel (¹) et Diller (²), et pour la seconde, aux cartes des anciennes mers que M. de Lapparent vient de publier.

» Je me bornerai pour le reste à la discussion du tétraèdre de Lowthian Green. Il semble ici y avoir un léger malentendu : je n'ai ni modifié ni critiqué le tétraèdre de Lowthian Green; j'ai dit qu'il avait été stérile pour la Géologie, ce qui est certain, et je ne m'en suis pas servi, ce qui était mon droit. Il n'en est pas moins vrai qu'il coordonne d'une manière remarquable les formes géographiques *actuelles*. Je suis là-dessus bien d'accord avec M. de Lapparent.

» Mais il y a un autre tétraèdre, qui est défini autrement, et qui a une autre signification; c'est le tétraèdre des fractures volcaniques ou, si l'on veut, pour éviter les discussions de mots, le polyèdre dont les arêtes coordonnent les éruptions volcaniques d'une époque déterminée. C'est celui dont la notion, bien plus féconde, a été introduite par M. Michel-Lévy; c'est celui que j'ai modifié, en supprimant la légère indétermination qui résultait de l'application à toutes les roches tertiaires. Je l'ai restreint aux volcans actuels et j'ai montré (ce qui est certainement, en dehors de toute théorie, un fait remarquable) que tous les volcans actuels se trouvent sur six lignes courbes, sur six *grands cercles déformés*, dont l'ensemble dessine deux pyramides opposées par la base. On sait que ce ne sont pas les volcans qui forment les traits essentiels du relief terrestre; ainsi, dans le résultat aussi bien que dans le point de départ, tout est différent du tétraèdre de L. Green; par conséquent, à moins de prétendre au monopole des tétraèdres, il n'y a rien dans cette remarque qui puisse alarmer les amis et admirateurs du savant anglais.

» M. de Lapparent fait une autre critique : les éruptions ne sont pas disposées sur ces six lignes comme il le désirerait : les plus considérables ne sont pas sur les arêtes auxquelles j'ai attribué dans la formation des montagnes le rôle le plus actif. Mais je ne vois aucune raison pour qu'il en soit ainsi : une fois un réservoir de laves mis en communication avec la surface, nous ne savons absolument rien sur les causes qui le font se vider plus ou moins complètement, ou qui déterminent des éruptions plus ou

(¹) *Geol. Survey of Canada*, 1886.
(²) *Bull. geol. Soc. of America*, vol. III, p. 369.

moins fréquentes. Le seul fait évident, c'est que la communication a d'autant plus de chances de s'établir que les matières fondues sont plus rapprochées de la surface; il y a donc actuellement, selon toute probabilité, six lignes suivant lesquelles ce rapprochement a lieu. Suivant ces six lignes, à cause de la plus grande densité des laves, il doit y avoir excès de pesanteur et, par conséquent, comme j'ai essayé de le montrer, il y a chance que suivant ces six lignes prennent naissance les phénomènes qui préludent à la formation des montagnes. En réalité, ils ne se produisent que suivant quatre des arêtes de la pyramide nord; cela prouve seulement qu'il y a dans le tétraèdre une dissymétrie dont on pourra peut-être un jour préciser les raisons.

» Du tétraèdre des éruptions, j'ai pu passer au tétraèdre interne, résultant de la déformation, dans la zone la plus refroidie, des sphères d'égale densité. Je tiens à faire remarquer que dans cette zone, d'après la théorie du refroidissement, les conditions correspondent précisément à celles des expériences d'où l'on a pu déduire la notion de la déformation tétraédrique d'une sphère. Ces expériences ont été faites sur des tuyaux cylindriques comprimés normalement; la section circulaire devient un triangle équilatéral; on en a conclu que pour une sphère l'écrasement donnerait un tétraèdre régulier. Or, dans les couches sphériques refroidies, le poids de l'écorce fournit partout la force normale, et chaque couche, sous cet effort, se distend pour prendre la forme tétraédrique. Quant à la forme tétraédrique de l'écorce superficielle, on ne peut la déduire que d'une raison d'ordre philosophique : le tétraèdre régulier est la surface de plus grande superficie pour un volume donné; ce doit donc être la forme vers laquelle tend l'écorce sphérique insuffisamment contractée par le refroidissement. Je ne discute pas la valeur de cette raison; on avouera pourtant qu'elle est moins précise que celle qui plaide en faveur du tétraèdre interne.

» Si j'ai été amené à m'occuper uniquement du tétraèdre volcanique, c'est que celui-là traduit exactement et immédiatement à la surface la forme du tétraèdre interne, le seul vraiment important, car c'est lui qui régit tout par les modifications de la pesanteur. Mais je ne crains pas d'affirmer que, plus tard, le tétraèdre de Lowthian Green aura sa place dans la théorie. Sans doute, à première vue, il y a quelque difficulté à l'y introduire sur des données précises, parce que sa dépendance est indirecte; il se produit avec inversion des saillies du tétraèdre interne, *avec retard*,

et avec une modification notable résultant de la formation des montagnes, qui ne sont pas sans doute l'élément principal, mais qui ne sont pas un élément négligeable du relief terrestre. Je ne suis pas préparé à traiter immédiatement la question; pourtant il est facile de voir que le tétraèdre interne, tel que je l'ai décrit, a précisément la position et la marche qu'il faudrait lui supposer pour que le tétraèdre des reliefs soit à peu près placé comme l'est celui de L. Green. En effet, pour que le sommet en soit près du pôle sud, par suite de l'inversion des saillies, il faut que le tétraèdre interne ait le sien près du pôle nord; pour que les longueurs des arêtes méridiennes soient à peu près celles d'un tétraèdre régulier, il faut que l'autre tétraèdre soit aplati, et le retard dont j'ai parlé, sans ramener peut-être le sommet austral jusqu'au pôle, le ramènerait certainement dans le continent antarctique. Le tétraèdre de L. Green est un *corollaire* de la déformation tétraédrique.

» J'espère que ces explications montreront à M. de Lapparent que ma théorie n'est pas en désaccord avec les idées anciennes qui lui tiennent à cœur; et je suis persuadé qu'il nous arrivera cette fois ce qui nous est arrivé tant de fois, c'est, après des discussions passagères, de nous trouver d'accord sur tous les points de fait et de doctrine. »

CHIMIE MINÉRALE. — *Préparation et propriétés d'un perfluorure de manganèse*. Note de M. **Henri Moissan**.

« L'étude des fluorures métalliques est encore bien incomplète. Malgré les recherches intéressantes entreprises sur ce sujet dans ces dernières années par M. Camille Poulenc ([1]), il reste encore beaucoup à faire sur ce point. La facilité avec laquelle nous préparons aujourd'hui le fluor dans un appareil de cuivre nous a permis de reprendre l'étude de quelques-uns de ces composés, et en particulier des perfluorures. Nous avons tenu, tout d'abord, à commencer ces recherches par l'étude des fluorures de manganèse, étude qui nous paraît présenter quelque intérêt au point de vue de la valence de ce métal.

» Le fluor attaque, à la température ordinaire, le manganèse métal-

([1]) Camille Poulenc, *Contribution à l'étude des fluorures anhydres et cristallisés* (*Annales de Chimie et de Physique*, 7e série, t. II, p. 5).

lique pur et la fonte de manganèse [1]. Si le métal est en fragments un peu gros, il se produit à la surface une couche de fluorure qui ne tarde pas à limiter la réaction. Au contraire, s'il est finement pulvérisé, la combinaison dégage, dès le début, assez de chaleur pour volatiliser le fluorure formé, et l'incandescence se propage dans toute la masse.

» Mais cette réaction ne donne pas un fluorure de composition constante. La coloration du fluorure obtenu varie, du reste, du rose au violet foncé, et la teneur en manganèse change d'une expérience à l'autre. Il est vraisemblable que la température très élevée de la réaction produit une dissociation du fluorure qui se forme tout d'abord. En effet, dans quelques-unes de nos expériences, le dégagement de chaleur produit par la combinaison du fluor a été assez grand pour fondre la nacelle de platine dans laquelle se faisait l'expérience.

» Dès que l'on place le fluorure ainsi préparé au contact de l'eau, cette dernière est partiellement décomposée avec formation d'un précipité noir et d'un liquide de couleur rouge foncé, ce qui indique nettement que nous nous trouvons en présence d'une combinaison fluorée du manganèse plus riche en fluor que le composé MnF^2.

» Pour préparer ce fluorure à l'état de pureté, nous avons fait agir le gaz fluor sur le fluorure manganeux. Ce dernier composé est attaqué à la température ordinaire, mais la réaction n'est jamais complète.

» Le chlorure manganeux s'attaque avec plus de facilité. On constate un dégagement notable de chaleur, et du chlore est mis en liberté. Seulement dans les nombreuses expériences que nous avons faites à ce sujet, nous avons remarqué qu'il était difficile d'arriver à décomposer tout le chlorure; il est vraisemblable qu'il se produit d'abord un fluochlorure qui ne peut être détruit, dans une atmosphère de fluor, que dans des conditions de température qu'il faudrait étudier avec soin.

» Cependant, en évitant une trop grande élévation de température, nous avons pu, dans quelques expériences, obtenir un composé qui ne renfermait plus que des traces de chlore et dont la composition correspondait alors à la formule Mn^2F^6.

» *Préparation du perfluorure de manganèse.* — Au contraire, l'action du fluor sur l'iodure de manganèse MnI^2 est beaucoup plus régulière et fournit un composé bien exempt d'iode.

---

(1) Nous avons employé, dans ces expériences, du manganèse pur et de la fonte de manganèse préparés au four électrique. — H. Moissan, *Le four électrique*, p. 217.

» Nous avons commencé, tout d'abord, par préparer une solution d'iodure de manganèse, en décomposant du carbonate manganeux pur et blanc par l'acide iodhydrique. Le liquide est ensuite évaporé dans un courant d'hydrogène. Enfin, le résidu, parfaitement désséché, est fondu dans un courant gazeux formé d'un mélange d'hydrogène et d'acide iodhydrique de façon à éviter la dissociation de l'hydracide. L'iodure de manganèse se présente alors sous la forme d'une masse fondue à cassure cristalline de couleur rose. Il donne avec l'eau une solution rose absolument limpide.

» Pour obtenir le sesquifluorure de manganèse, on dispose cet iodure fondu, concassé au préalable à l'abri de l'humidité, dans une nacelle de platine. Cette dernière est placée dans un tube de même métal, dont les extrémités portent des ajutages à vis qui permettent de mettre ce tube en communication, d'une part, avec l'appareil à fluor, d'autre part, avec un flacon d'un litre rempli de gaz azote. Ce flacon communique avec l'atmosphère du laboratoire par un tube desséchant. Il sert de réservoir gazeux, destiné à éviter la rentrée de l'humidité et de l'oxygène de l'air.

» Avant de réunir le tube de platine à l'électrolyseur qui doit fournir le fluor, l'appareil a été traversé par un courant d'azote pur et sec.

» Dès que le gaz fluor arrive au contact de l'iodure de manganèse, il se produit un dégagement de chaleur notable, et il se forme du fluorure d'iode volatil. Il n'est donc pas nécessaire de chauffer pour déterminer la réaction, et l'on arrête le courant de fluor lorsque le tube a repris la température du laboratoire.

» L'excès de fluor qui se trouve dans le tube de platine est alors chassé par un nouveau courant d'azote et le produit, retiré des nacelles, est enfermé, de suite, dans un tube scellé.

» *Propriétés.* — Le fluorure, préparé ainsi que nous venons de l'indiquer, possède une composition constante : il répond à la formule Mn^2F^6, il a conservé la forme des cristaux d'iodure, et le dégagement de chaleur, produit dans la réaction n'a pas été assez grand pour en déterminer la fusion. Sa couleur est lie de vin, sa densité 3,54.

» Chauffé rapidement dans un tube de platine, il se dédouble en fluorure manganeux et en fluor qui attaque en partie le platine. Chauffé dans un tube de verre, il réagit sur ce dernier avec violence, il se dégage du fluorure de silicium et il reste un mélange de fluorure et d'oxyfluorure de manganèse.

» Dans un courant de gaz hydrogène, le sesquifluorure de manganèse

est réduit au-dessous du rouge, il se forme du fluorure manganeux et il se dégage de l'acide fluorhydrique.

» Le chlore, le brome et l'iode sont sans action sur ce composé à la température ordinaire. A une température plus élevée, il se produit un équilibre complexe, avec formation d'un composé ternaire (de couleur rouge avec l'iode). Si ces expériences sont faites dans le verre, la silice intervient, change le sens de la réaction, et il se forme des quantités de fluorure de silicium variables avec la température.

» L'oxygène décompose le sesquifluorure de manganèse au rouge avec formation d'un résidu noir cristallisé d'oxyde de manganèse. Le soufre réagit à sa température d'ébullition avec formation de fluorure de soufre et de fluorure manganeux; ce dernier conserve la forme du sesquifluorure.

» Cette réaction est assez curieuse, car ce nouveau fluorure de manganèse agit ici comme le fluor libre en produisant un fluorure de soufre gazeux et un fluorure de manganèse. Si l'action du sesquifluorure de manganèse sur la vapeur de soufre se produit dans le verre, la réaction se complique, et l'on ne recueillera plus qu'un mélange d'acide sulfureux et de fluorure de silicium.

» Lorsque l'on chauffe du sesquifluorure de manganèse dans un courant d'azote, ce dernier corps n'a pas d'action. La dissociation du fluorure se produit, une partie du fluor, mis en liberté, attaque facilement la nacelle de platine tandis que l'autre partie reste mélangée à l'azote et peut être caractérisée avec facilité.

» La vapeur de phosphore réagit à une température peu élevée sur le sesquifluorure de manganèse, la masse devient incandescente, et l'on recueille un mélange gazeux de trifluorure et de pentafluorure de phosphore.

» Avec l'arsenic, dans les mêmes conditions, on obtient le trifluorure d'arsenic liquide. Cette dernière réaction se produit sans grand dégagement de chaleur.

» Le silicium et le bore amorphe réagissent énergiquement sur ce fluorure au rouge sombre avec production des fluorures de silicium et de bore. A la même température, le carbone amorphe, aussi pur que possible, réagit sans incandescence; il se dégage du fluorure de carbone gazeux.

» Si l'on chauffe du sesquifluorure de manganèse dans une atmosphère d'acide chlorhydrique maintenue dans une cloche courbe, il se fait, tout d'abord, du chlore libre, de l'acide fluorhydrique et du chlorure de man-

ganèse. Puis l'acide fluorhydrique attaque de suite le verre avec production de fluorure de silicium.

» Les acides sulfurique, azotique, ainsi que la solution chlorhydrique, dissolvent le sesquifluorure de manganèse en produisant une solution de couleur marron foncé décomposable par un excès d'eau.

» L'action de l'eau sur le sesquifluorure de manganèse était très intéressante. Dès que ce nouveau fluorure est en présence d'une petite quantité de ce liquide, il se forme de suite un précipité de couleur foncée et une solution rouge qui ne tarde pas à se décolorer en prenant une teinte rose. Il se produit, dans cette décomposition du protofluorure de manganèse, un oxyde hydraté de manganèse et de l'acide fluorhydrique. Ce dernier réagit sur l'oxyde hydraté et l'on comprend que, d'après le volume du liquide, les conditions de l'équilibre qui peut se former soient variables. Ces conditions sont encore rendues plus complexes par les deux faits suivants : 1° la décomposition par l'eau du sesquifluorure est toujours incomplète; 2° le protofluorure de manganèse est plus soluble dans l'eau que dans l'acide fluorhydrique.

» A la température de 200°, le sesquifluorure de manganèse décompose l'hydrogène sulfuré sans incandescence. Si l'on opère dans un tube de verre, il se dégage un mélange de fluorure de silicium et du fluorure de soufre; ce dernier gaz est absorbable par l'eau avec dépôt de soufre.

» Pour bien nous rendre compte du genre de réactions que ce sesquifluorure peut donner, nous avons tenu à le mettre en contact avec un certain nombre de chlorures de métalloïdes.

» Chauffé dans un tube de verre scellé à + 150°, avec le chlorure de soufre SCl^2, il produit un dégagement de fluorure de silicium et de l'acide sulfureux. Le silicium du verre intervient donc dans la réaction. Avec le chlorure de sulfuryle SO^2Cl^2, dans les mêmes conditions, il se forme peu de fluorure de silicium, mais du chlore est mis en liberté. Le trichlorure de phosphore en excès, chauffé en tube scellé, avec le sesquifluorure de manganèse, a donné un corps gazeux incolore, rapidement absorbable par l'eau, sans trace de chlore libre. Ce gaz est le fluochlorure de phosphore PF^3Cl^2. Le chlore, mis en liberté, a été retenu par l'excès de trichlorure partiellement transformé en pentachlorure.

$$3Mn^2F^6 + 2PCl^3 = 2PF^3Cl^2 + 6MnF^2 + Cl^2.$$

» Dans les mêmes conditions, le pentachlorure de phosphore a fourni

un dégagement abondant de pentafluorure gazeux : PF^5. Il restait, dans le tube, de belles aiguilles rouges et un produit blanc.

» Avec le tétrachlorure de carbone, il s'est formé un fluorure de manganèse blanc, et il s'est dégagé un mélange de chlore et de fluorure de carbone non absorbable par l'eau.

» Les composés organiques, tels que le benzène, l'essence de térébenthine, le chloroforme, l'alcool et l'éther sont sans action sur ce fluorure jusqu'à la température de 100°.

» *Analyse*. — Un poids déterminé de perfluorure de manganèse a été placé dans une petite capsule de platine contenant une solution concentrée de carbonate de soude pour éviter toute perte de fluor. Le tout a été séché à l'étuve à 110°, et fondu ensuite au chalumeau. La masse a été reprise par l'eau additionnée d'un peu d'eau oxygénée afin d'avoir tout le manganèse sous forme insoluble. Après filtration, le fluor est dosé dans la solution à l'état de fluorure de calcium. Le manganèse est mis en solution dans l'acide chlorhydrique; il est ensuite précipité par le carbonate de soude, et finalement pesé à l'état d'oxyde salin.

» Nous avons obtenu ainsi les chiffres suivants :

	1.	2.	3.	4.	Théorie.
Fluor...............	48.50	49.60	50.03	50.75	50.89
Manganèse..........	49.50	50.10	49.65	49.40	49.10

» *Conclusions*. — En résumé, par l'action du fluor sur le manganèse, sur le chlorure et surtout sur l'iodure de manganèse, on peut préparer un perfluorure de manganèse anhydre répondant à la formule Mn^2F^6. Ce nouveau composé est intéressant, car par l'ensemble de ses réactions on peut voir qu'il se dédouble avec facilité, et que l'excès de fluor qu'il contient par rapport au fluorure manganeux agit comme s'il était libre.

$$Mn^2F^6 = 2\,MnF^2 + F^2.$$

» Dès lors, on comprend que ce perfluorure possède une activité chimique très grande, mais déjà cependant un peu atténuée, par rapport aux propriétés du fluor. Il permettra sans doute d'obtenir de nouveaux composés que l'on ne peut former par union directe, à cause du grand dégagement de chaleur qui se produit dans la réaction. »

CHIMIE. — *Four tubulaire à températures fixes, se réglant à volonté.* Note de M. **Armand Gautier**.

« A l'occasion de mes études sur la vitesse et la limitation des combinaisons gazeuses à températures fixes ([1]), puis au cours d'une suite de recherches, que je vais publier, sur les gaz combustibles de l'air, j'ai été amené à construire un four permettant de maintenir constantes, à des degrés variant à volonté, les températures où l'on opère.

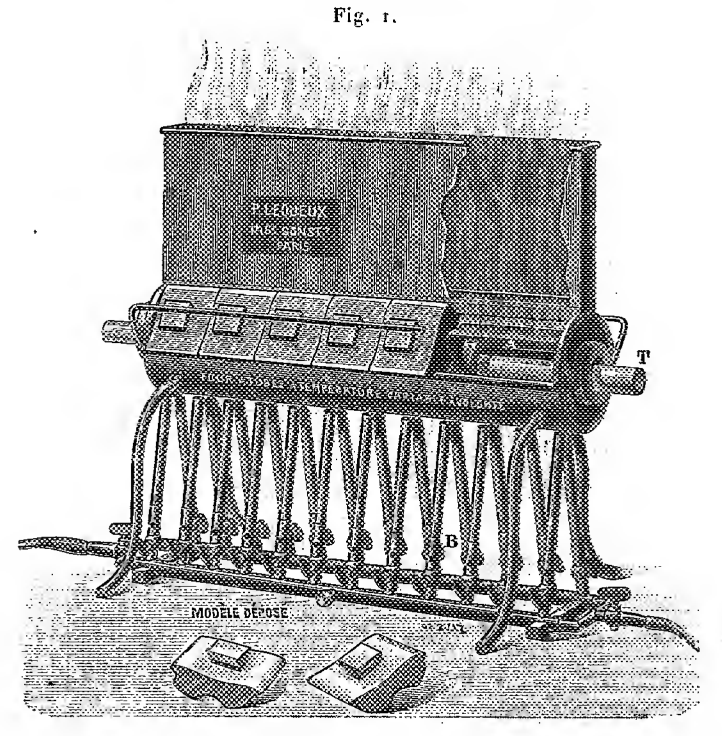
» Cet appareil est destiné, je crois, à devenir un précieux instrument de laboratoire, puisqu'il permet de régler et d'étudier à des températures fixes, qu'on peut faire régulièrement varier, des réactions, dissociations, opérations de toute nature, qu'il était fort difficile de suivre, même par points isolés et discontinus aux températures d'ébullition de la paraphénylène-diamine, du mercure, du soufre, du zinc, etc. Grâce à ce four, j'ai pu, durant des journées, maintenir presque constantes des températures qu'on peut faire varier à volonté de 150° à 1300° et au delà.

» Ce four (*fig.* 1) est tubulaire, mais il est facile, comme on verra, de le transformer en four à moufle. Il est en terre réfractaire et se compose de deux parties : l'une, qui en constitue le fond, est une gouttière d'argile d'une seule pièce, demi-cylindrique; l'autre est formée de briquettes mobiles, comme celles des grilles d'analyse ordinaires, briquettes pouvant se rabattre dans un sens perpendiculaire à l'axe du four dont elles forment les parois latérales et supérieure. La rigole en terre qui constitue le fond du four est maintenue extérieurement par une forte tôle qui en épouse la forme arrondie; elle est munie de quatre pieds arqués en fer forgé qui portent tout l'appareil. La garniture de tôle est terminée à chacune de ses extrémités par une plaque circulaire, perpendiculaire à l'axe du four qu'elle ferme à chaque bout. Ces plaques sont percées de deux ouvertures centrales pour laisser passer le tube à chauffer, et donnent extérieurement appui à deux tringles métalliques extérieures et parallèles à l'axe du four, sur lesquelles viennent butter, quand on veut ouvrir latéralement l'appareil, les briquettes mobiles qui en forment les parois.

([1]) Voir *Bull. Soc. chim.*, t. XIII, p. 1, et, en collaboration avec M. Hélier, *Comptes rendus*, t. CXXII, p. 566.

Deux bandes de fer relient par le haut les deux plaques circulaires fermant le four à ses deux extrémités; elles laissent entre elles, à la partie supérieure du foyer, une rigole ouverte, rigole sur laquelle vient se fixer la cheminée de tôle qui couronne l'appareil.

Fig. 1.



Vue d'ensemble du four. — Par la déchirure, on voit le manchon métallique A qui sert de moufle, et le tube T qui le traverse.

» La gouttière constituant le fond, ou base, du four est percée, suivant deux génératrices parallèles à l'axe, de 24 trous, 12 d'un côté, 12 de l'autre. Par ces trous pénètrent les extrémités de 24 brûleurs Bunsen, B, placés non pas tout à fait au-dessous mais un peu latéralement et dirigés d'une façon légèrement convergente vers l'axe de l'appareil. Le four reçoit, placé dans le sens de sa longueur, un manchon mobile A en fer forgé, de 1^{cm} au moins d'épaisseur et de même longueur que la partie intérieure léchée par les flammes. Ce manchon repose par ses deux bouts sur deux petites pièces d'argile, posées chacune aux deux extrémités de la gouttière formant le fond du four; elles soutiennent le manchon de fer à 15^{mm} environ

au-dessus de ce fond sans que, par aucun de ses points, cette pièce soit en contact avec les armatures métalliques. Après avoir été rabattues sur les deux barres de métal portant la cheminée, les briquettes forment, autour du manchon central A, un conduit tubulaire concentrique où s'engagent les flammes des brûleurs, qui s'échappent ensuite par la cheminée du haut.

» C'est l'épais manchon de fer A ainsi chauffé qui constitue la partie utile du four; on y engage le tube, la nacelle ou tel autre vaisseau où doit se faire la réaction. S'il s'agit d'un tube de verre ou de porcelaine, il traverse le manchon de fer après s'être engagé, à l'entrée et à la sortie de l'appareil, dans deux anneaux mobiles en terre réfractaire continuant, pour ainsi dire, extérieurement le manchon de fer intérieur, et soutenus sur deux rigoles semi-circulaires de tôle rivées extérieurement à la garniture métallique du four. Le tube à chauffer passe donc concentriquement suivant l'axe du manchon de fer qu'il ne touche pas, pas plus qu'il ne touche aucune autre garniture métallique. Pour plus de précaution, on bouche, en avant et en arrière, aux deux bouts, avec un peu d'amiante tassée, l'espace annulaire existant entre le tube central à chauffer et le manchon de fer.

» Si l'on se sert de l'appareil, non plus comme d'un four à tubes, mais comme d'un four à moufle, pour chauffer soit un petit ballon ovoïde, soit tout autre récipient fermé à l'une de ses extrémités, l'autre étant constitué par une partie tubulaire plus étroite destinée à recueillir ou envoyer des gaz, on engage ce récipient soit dans le moufle métallique remplaçant le manchon tubulaire, soit dans ce manchon même, après avoir eu le soin de fermer avec de l'amiante tassée le bout par où ne pénètre pas le récipient où se passera la réaction.

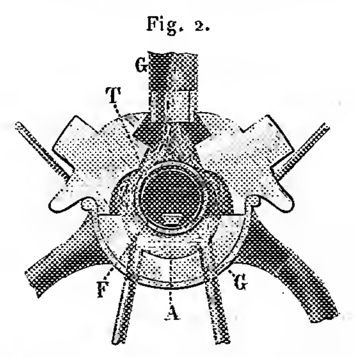
» Pour chauffer le four, le gaz, après avoir traversé un bon régulateur de pression, est lancé par deux rampes répondant chacune à un fort robinet à gaz dans les brûleurs B qu'on ouvre plus ou moins, ou qu'on n'allume que de deux en deux si l'on n'a besoin que de températures peu élevées ([1]). Les flammes s'écrasent latéralement sur le manchon de fer A qu'elles contournent en bas et en haut (voir *fig.* 2), mais avant d'arriver à la cheminée, elles sont obligées de lécher le haut de ce manchon, grâce

---

([1]) Pour les températures basses (150° à 300), j'introduis dans l'intérieur de chaque tube métallique du bec Bunsen un bout de tube de verre de même longueur, mais de diamètre plus petit, qui permet d'obtenir des flammes plus maigres.

à la forme des briquettes qui, par leur arête supérieure interne, viennent presque le toucher, comme le montre la *fig.* 2. Cette répartition uniforme

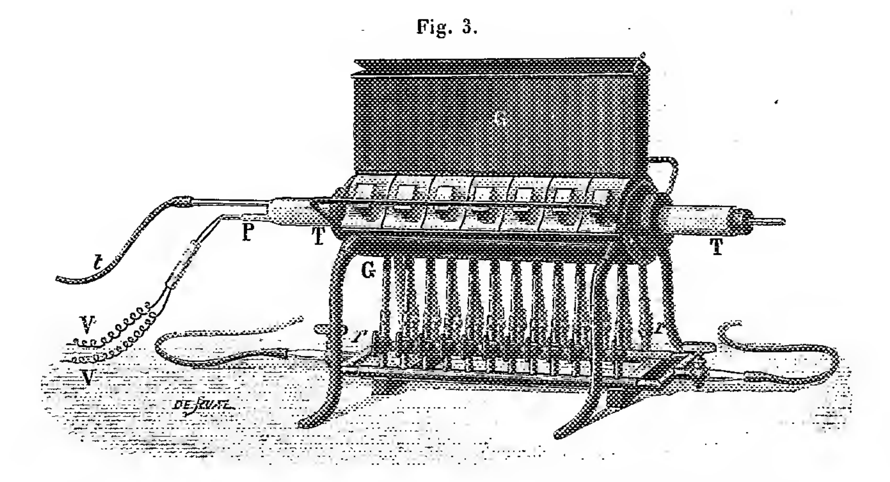
Fig. 2.



Coupe perpendiculaire à l'axe du four. — Elle montre le tube de porcelaine T emboîté dans le manchon de fer F et dans l'intérieur, la nacelle que l'on chauffe. Cette coupe indique aussi la disposition des flammes autour du manchon central.

des flammes tout autour du manchon, et la grande conductibilité de cette épaisse pièce de fer isolée de tout contact métallique, et servant pour ainsi dire de volant de chaleur, maintiennent une température très uniforme dans l'intérieur de cette sorte de moufle en métal, et *a fortiori*, dans

Fig. 3.



Vue en perspective du four en marche, muni de son pyromètre Le Châtelier P.

le tube de porcelaine qui le traverse ou dans les récipients qui y sont plongés.

» D'ailleurs, voici comme vérification quelques nombres que j'ai observés, avec M. H. Hélier, au pyromètre Le Chatelier à une température

moyenne de 480° environ. Les déterminations étaient faites successivement de 2^{cm} en 2^{cm} dans toute la longueur du tube de porcelaine comprise dans le manchon de fer :

		483°		488°		483°		479°		477°		
Sortie.	468°		486°		489°		480°		489°		466°	Entrée.

» Ainsi, sauf aux deux bouts, à l'entrée et à la sortie, les différences extrêmes de température n'ont été que de $\pm$ 6°.

» Ces mêmes différences, à peu près négligeables à ces températures élevées, s'observent quand on arrive au rouge et même au rouge vif.

» Quand on veut entretenir longtemps ce four à une même température, il est nécessaire de faire passer le gaz qui arrive aux brûleurs non seulement dans le régulateur général du laboratoire, mais aussi dans un second régulateur de pression un peu sensible. Voici quelques données qui montrent combien peu varie, dans ces conditions, la température interne du manchon :

Température de 200° environ.		Température du rouge sombre.		Température du rouge.	
Heures.	$t°$.	Heures.	$t°$.	Heures.	$t°$.
11.38$^{h\ m}$.....	204	3.18$^{h\ m}$....	674	5.00$^{h\ m}$.....	779
11.55.....	202	3.26....	672	5.13.....	782
12.12.....	202	3.47....	677	5.31.....	784
12.55.....	202	4.00....	676	5.55.....	783
1.12.....	202	4.25....	677	6.15.....	785
1.42.....	202	....	...	....	...
2.20.....	197				
2.55.....	197				
....	...				

» Les températures se maintiennent donc à peu près constantes dans ce four, du moins aux heures de travail, de 8^h du matin à 4^h ou 5^h du soir; elles montent un peu quand la pression du gaz de la Ville augmente beaucoup; mais même dans ce cas, à 1000° ou 1200°, avec un peu de surveillance, ces variations ne dépassent pas 20° à 25°.

» Quant à la dépense de gaz, je me suis assuré que pour entretenir à 1000° environ un four de 25^{cm} de long on n'emploie pas 1^{mc} de gaz par heure.

» Lorsque, au cours de mes recherches sur l'air, j'ai été conduit à chauffer, pendant des journées entières, et à des températures à peu près réglées, des tubes remplis ou non d'oxydes métalliques, avec une instal-

lation et dans des lieux qui, tels que les hautes montagnes ou la pleine mer, ne comportaient pas l'usage du gaz de houille, j'ai employé une variante de l'appareil que je viens de décrire. Les brûleurs Bunsen sont remplacés par une rampe de becs Primus au pétrole, becs qui donnent une chaleur très intense en brûlant complètement au bleu les hydrocarbures. Les flammes frappent directement le tube métallique épais formant volant de chaleur, qui chauffe lui-même le tube de porcelaine qui le parcourt intérieurement et où se passe la réaction. Ces flammes contournent ensuite le tube de fer, grâce à une garniture de forte tôle formant au-dessus de lui une sorte de voûte revêtue intérieurement d'une épaisse toile d'amiante qui arrive par le haut à toucher presque le tube de fer. Les flammes s'échappent ensuite par la cheminée placée au-dessus. Avec ce petit appareil j'ai pu, à une altitude de 2400^{m}, dans les Pyrénées, entretenir nuit et jour mes tubes à oxyde de cuivre à une température presque fixe de 700° environ.

» Nous pensons que l'appareil que nous venons de décrire, à gaz ou à pétrole, peut rendre de réels services dans les laboratoires; l'emploi du gaz en rend toutefois le maniement plus régulier.

» Il est peu de cas où la constance des températures de réactions soit indifférente ou négligeable. Il suffit, pour la maintenir dans notre foyer, d'un bon régulateur de pression, et, pour la connaître ou la régler, d'un pyromètre Le Chatelier porté par une baguette de porcelaine à deux rigoles latérales parallèles où passent les fils, baguette dont on pousse du dehors l'extrémité portant la soudure bimétallique jusques aux points dont on veut déterminer les températures. »

ANATOMIE ANIMALE. — *Morphologie de la ceinture pelvienne chez les Amphibiens* [1]. Note de M. **Arm. Sabatier**.

« La morphologie de la ceinture pelvienne des Amphibiens mérite d'être étudiée, car elle n'est pas telle qu'on l'a crue jusqu'à présent : elle révèle, entre le groupe des Urodèles et celui des Anoures, des différences de structure que l'on ne soupçonnait pas.

» Entre les deux formes de bassins propres à ces deux groupes, les

---

[1] Travail fait à l'Institut de Zoologie de Montpellier, et à la Station zoologique de Cette.

termes de passage paraissent faire défaut, de sorte que le type modèle que l'on considère comme une forme larvaire fixée d'Anoure, possède un bassin très différent de celui des larves d'Anoures, ce qui tendrait à contredire une filiation directe de ces deux groupes.

» Le bassin des Urodèles comprend deux éléments essentiels : 1° une plaque massive ostéo-cartilagineuse, horizontalement située dans la paroi ventrale de l'abdomen, et présentant sur chacun des bords latéraux une échancrure qui forme une partie de l'acétabulum; 2° une tige ostéo-cartilagineuse, oblique en haut et en arrière. Son extrémité inférieure est unie à la plaque ventrale pour compléter l'acétabulum. Son extrémité supérieure s'applique en dehors de l'extrémité distale d'une côte sacrée ne différant pas des autres côtes.

» La plaque ventrale, que j'appelle *hypozygal*, est un ischio-pulvis. La tige supérieure est un hyperzygal, et représente l'iléon. La portion de la plaque ventrale antérieure à l'acétabulum constitue le pubis (prozygal) et la portion postérieure est l'ischion (métazygal). Des unifications spéciales dans certains cas (*Salamandra*) établissent la légitimité de cette division théorique de la plaque ventrale ou hypozygal. Au point de vue morphologique, le bassin des Urodèles est exactement homodyname d'une plaque sternale suspendue à une côte sternale.

» La plaque ischio-pubienne ou hypozygal présente d'ailleurs des modifications de formes, suivant les espèces. Bouclier massif allongé dans le sens antéro-postérieur, chez *Proteus*, *Cryptobranchus*, *Menobranchus*, *Liredon*, elle devient presque carrée chez *Amphiuma*. Enfin chez *Salamandra*, *Trito*, ses dimensions transversales l'emportent sur le diamètre antéro-postérieur. Ces dernières formes sont tout à fait comparables aux formes du bassin chez les Sélaciens, où la plaque ischio-pubienne a pris la forme d'un parallélogramme à grand diamètre transversal. En outre, chez les Sélaciens en général, un court iléon, ou hyperzygal cylindro-conique, rattache plus ou moins directement le bassin à la colonne vertébrale; de telle sorte qu'il y a des analogies frappantes entre le pelvis des Amphibiens urodèles et celui des Sélaciens. L'un et l'autre sont composés d'une plaque massive (pro- et métazygal) et d'une tige supérieure (hyperzygal).

» Tout autre est le bassin des Anoures, dont la morphologie me paraît avoir été méconnue. Il est essentiellement composé de deux tiges longitudinales parallèles, droites ou légèrement arquées, réunies en arrière sur le plan médian par l'accolement face à face de deux parties discoïdes à plan

vertical. Les tiges terminées en avant par une extrémité cartilagineuse s'attachent aux côtés d'une vertèbre sacrée. La partie discoïde porte, sur chacune de ses faces, la cavité acétabulaire. Chaque moitié du bassin comprend deux ossifications distinctes, une antérieure comprenant la tige et la portion antérieure du disque portant la partie antéro-supérieure de l'acétabulaire (c'est le prozygal); une postérieure formant le tiers postérieur du disque et une petite portion de l'acétabulaire (métazygal). Un angle ouvert en bas compris entre ces deux ossifications est occupé par un cartilage plus ou moins calcifié.

» On a, jusqu'à présent, unanimement considéré la tige antérieure attachée au sacrum comme un iléon, le triangle inférieur cartilagineux comme un pubis et l'ossification postérieure comme un ischion. Cette dernière détermination me paraît seule justifiée. La tige antérieure est un prozygal et par conséquent un pubis, le cartilage est un reste non ossifié de la plaque ou tige ischio-pubienne. L'iléon ou hyperzygal fait tout à fait défaut. C'est ce qui peut être établi par une bonne comparaison du bassin d'Anoure avec celui des Ostéoganoïdes et surtout des Poissons téléostéens.

» Le type le plus simple et le plus général du bassin chez ces Poissons consiste en deux tiges, plus ou moins parallèles, pourvues ou non de crêtes, situées longitudinalement dans la paroi ventrale de la cavité viscérale, et toujours séparées sur la ligne médiane par un intervalle ou fente plus ou moins large. Les extrémités postérieures qui sont parfois discoïdes (*Silurus glanis*, *Esox*, *Gadus minutus*) sont unies l'une à l'autre par des saillies internes, parfois longues (*Lophius piscatorius*, *Phycis blennoïdes*, *Peristethus cataphractum*), le plus souvent courtes. Le bassin a donc la forme d'un fer à cheval plus ou moins ouvert en avant. L'acétabulum, remplacé ici par une surface articulaire saillante qui représente virtuellement le membre postérieur, semble occuper l'extrémité postérieure de chacun des deux os pelviens. Le bassin paraît formé uniquement d'un prozygal ou pubis. Mais, en réalité, il y a toujours, en arrière et en dedans de la saillie articulaire, une saillie parfois rudimentaire (*Chryrophrys aurata*, *Salmo*, *Mugilcephalus*, *Trachurus trachurus*, *Serranus scriba*), qui se développe beaucoup en arrière dans d'autres cas, et forme le metazygal (*Cyprinus*, *Trigla*, *Zens*, *Gadus merlangus*). Ces deux saillies, unies par une symphyse, constituent les ischions.

» On retrouve bien là les deux éléments pré- et post- acétabulaires de la lame ventrale des Urodèles, mais séparés l'un de l'autre sur la ligne médiane par une fente qui, dans certains cas, devient un vrai trou obturateur

ischio-pubien (*Triglalyra, Peristetlius cotaphractum*), comparable à celui de certains Reptiles. Mais la portion hyperzygale ou iléon fait défaut, et le bassin des Téléostéens et des Ganoïdes reste librement suspendu dans les parois ventrales.

» On voit que ce bassin et celui des Anoures offrent de grandes ressemblances : dans les deux cas, deux tiges prozygales, unies en arrière par deux portions métazygales, et absence d'hyperzygal ou iléon.

» Ce qui a induit en erreur sur la valeur du prozygal ou pubis des Anoures et l'a fait prendre pour un iléon ou hyperzygal, c'est qu'il est le point d'attache du bassin à la colonne vertébrale. Mais il y a là une pétition de principe qui ne saurait résister à cette considération que, chez les Poissons osseux, le bassin se fixe bien souvent, non à la colonne vertébrale, qui en est trop éloignée par les grandes dimensions de la cavité viscérale, mais sur des points divers de la ceinture thoracique, au voisinage plus ou moins immédiat de laquelle il est venu parfois se placer (Poissons jugulaires, subbrachiens). Or, c'est presque toujours le prozygal ou pubis qui sert de point d'attache (*Lophius piscatorius, Mugilcephælus, Uranoscopus scaber, Zeus, Peristhetus, Serranus, Trachurus, Pleuronectes platessa*).

» Chez les Anoures, comme chez les Poissons osseux en général, la fixation du bassin se fait par le prozygal ou pubis, qui vient adhérer à la *face inférieure* des côtes sacrées, afin de donner au membre postérieur la stabilité qu'exigent les dimensions et le rôle important qu'ont acquis les membres postérieurs. L'adhérence immédiate n'existe d'ailleurs pas primitivement sur les larves d'Anoures, et se présente chez l'adulte comme le résultat d'une adaptation nouvelle.

» De ces constatations peuvent résulter quelques indications intéressantes, relatives aux affinités des deux groupes d'Amphibiens actuels pourvus de membres. Les différences notées quant aux formes pelviennes semblent établir entre eux une distance assez marquée, et d'autant plus que le pelvis du têtard d'Anoure, formé sur le type de celui de l'adulte, ne rappelle en rien la forme massive et pourvue d'iléon du pelvis de l'Urodèle. D'ailleurs, non seulement le type pelvien, mais le type costal, le type thoracique et le type vertébral, diffèrent notablement de l'un et l'autre groupe. Il me paraît donc légitime de considérer les deux groupes comme pouvant provenir d'origines différentes, et comme ayant acquis, par l'adaptation à un même milieu, des caractères extérieurs et généraux de ressemblance. Il y aurait eu convergence et non filiation. Et, dans ce cas, il

paraît rationnel de voir l'ancêtre des Urodèles dans un type relié aux Sélaciens, et l'ancêtre des Anoures dans un type relié aux Ganoïdes ou aux Téléostéens. »

PALÉONTOLOGIE. — *Sur les Dinosauriens des étages de Rognac et de Vitrolles du pied de la Montagne-Noire.* Note de M. CHARLES DEPÉRET.

« Notre pays, si privilégié au point de vue des gisements de Mammifères tertiaires, est par contre extrêmement pauvre en débris des grands Reptiles terrestres de l'époque secondaire. Si l'on excepte le *Dimodosaurus* du Trias de Poligny et le *Megalosaurus* du Bathonien du Calvados, on ne peut guère citer en France de restes importants de Dinosauriens que ceux de l'étage de Rognac de Provence, décrits par Matheron sous les noms de *Hypselosaurus priscus* et de *Rhabdodon priscum*.

» Aussi me paraît-il intéressant de faire connaître l'existence, au pied de la Montagne-Noire, dans le petit *chaînon de Saint-Chinian,* de nouveaux gisements de Dinosauriens, dont je dois la première indication à mon confrère et ami, M. Jean Miquel, de Barroubio. Les ossements de Reptiles terrestres s'y rencontrent à deux niveaux différents :

» 1° Un *horizon inférieur,* à la base de l'étage de Rognac, dans des grès grossiers, lie de vin, connus des géologues sous le nom de *grès de Saint-Chinian,* et qui correspondent trait pour trait aux *grès à Reptiles* de la partie moyenne de Rognac de Provence. Quoique les ossements de grande taille soient assez fréquents dans ces grès autour de la petite ville de Saint-Chinian, je n'ai pas pu, jusqu'à ce jour, extraire une pièce permettant une détermination générique. Je pense qu'il s'agit de grands Sauropodes, qu'il sera intéressant de pouvoir comparer avec l'*Hypselosaurus* des grès à Reptiles du bassin d'Aix.

2° Un *horizon supérieur* à Dinosauriens, plus riche que le précédent, existe au sein d'une bande d'argiles rouges, qui surmontent les calcaires de Rognac à *Lychnus* et passent insensiblement à leur partie supérieure aux marnes et calcaires lacustres à *Physa prisca* de l'Éocène inférieur. Ces couches d'argiles rutilantes sont de tous points identiques aux *argiles de Vitrolles* dans le bassin d'Aix, dont le rattachement à la série tertiaire ou, au contraire, au Crétacé supérieur sous-jacent, a donné lieu à de nombreuses controverses. La découverte de Dinosauriens dans ces couches permet de

les considérer définitivement comme Crétacées (*Danien* tout à fait supérieur).

» J'ai déjà obtenu de cet horizon une belle série de pièces, qui se rapportent à deux genres bien distincts de Dinosauriens :

» Le premier est un *Sauropode* de très grande taille; son fémur, plein, aplati d'avant en arrière, mesure près d'un mètre de longueur. Je lui attribue, en outre, des vertèbres caudales, *fortement procœliennes*, qui rentrent tout à fait dans le type décrit sous le nom de *Titanosaurus* Lydekker. Ce genre, encore assez mal connu et peut-être très voisin de l'*Œpysaurus* Gervais du grès vert du mont Ventoux, possède une grande extension géographique : M. Lydekker l'a cité du Crétacé supérieur de l'Inde, de Patagonie, et en Europe du Wealdien de l'île de Wight. J'ai eu l'occasion d'indiquer également sa présence dans le Crétacé supérieur de la côte ouest de Madagascar; il est intéressant de le rencontrer maintenant en France.

» Le deuxième type est un *Théropode* carnassier de la famille des *Mégalosauridés*. Je possède un fragment de mandibule, avec une grande dent en place, et les alvéoles de plusieurs autres. La dent est de la forme habituelle à cette famille, c'est-à-dire en lame de sabre recourbé, avec des crénelures sur les deux arêtes tranchantes. La disposition de ces crénelures, qui occupent toute la longueur du bord antérieur de la couronne, me porte à penser que ce Reptile différait assez notablement du Mégalosaure jurassique, dont les dents ne sont crénelées en avant que dans le tiers ou au plus la moitié supérieure. En Amérique, Marsh a fait connaître, du Crétacé supérieur du New-Jersey, sous le nom de *Dryptosaurus* (=*Lælaps* Cope) un Reptile voisin du Mégalosaure, mais dont le bord antérieur des dents est finement crénelé sur toute sa longueur. C'est donc à une espèce de ce genre de la Craie américaine qu'il faut rapporter le Reptile carnassier de la Montagne-Noire, en attendant que ses caractères spécifiques puissent être précisés.

» En réunissant les données fournies par les découvertes de Matheron, en Provence, avec les trouvailles récentes faites en Languedoc, nous connaissons dès maintenant, dans les assises fluvio-terrestres du Crétacé le plus supérieur du midi de la France, quatre types différents de Dinosauriens,

» Deux sont des *Sauropodes* (herbivores à os pleins) de la famille des *Morosauridés*, caractérisée par la disposition procœlienne de leurs vertèbres caudales : c'est d'une part l'*Hypselosaurus* de Provence, reconnaissable à

ses vertèbres caudales aplaties de haut en bas; et d'autre part le *Titanosaurus* du Languedoc, dont les vertèbres caudales, très fortement procœliennes, sont comprimées dans le sens transverse.

» Un troisième type, le *Dryptosaurus* de la Montagne-Noire, est un *Théropode* de la famille des *Mégalosauridés*.

» Enfin, le quatrième, le *Rhabdodon* de Provence, est un Ornithopode (herbivores à os pneumatiques) voisin de l'*Iguanodon*.

» J'ai l'espoir que l'exploration méthodique que je compte faire des gisements du Languedoc augmentera bientôt l'importance et l'intérêt de cette curieuse faune de grands Reptiles terrestres, qui a survécu dans le midi de la France jusqu'au seuil même des temps tertiaires. »

NOMINATIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à la nomination d'un Correspondant pour la Section de Chimie.

Au premier tour de scrutin, le nombre des votants étant 52,

M. Émile Fischer obtient.	47	suffrages
M. Henry »	4	»
M. Crookes »	1	»

M. **Émile Fischer**, ayant obtenu la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu.

MÉMOIRES PRÉSENTÉS.

La Commission chargée de donner le sujet du concours pour le prix Fourneyron en 1901 désigne le sujet suivant :

Étude théorique ou expérimentale sur les turbines à vapeur.

M. le Dr **A. Guépin** adresse une Note portant pour titre : « Atrophie et hypertrophie prostatiques ».

(Renvoi à la Section de Médecine et Chirurgie.)

CORRESPONDANCE.

M. **W.-R. Brooks** adresse des remercîments à l'Académie, pour le prix Lalande qui lui a été décerné.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Un Volume de M. *Kr. Birkeland*, intitulé : « Recherches sur les taches du Soleil et leur origine ». (Présenté par M. H. Poincaré.)

2° Quatre nouveaux fascicules des « Stations de l'âge du Renne dans les vallées de la Vézère et de la Corrèze » ; documents publiés par MM. *P. Girod* et *E. Massenat*. (Présentés par M. Albert Gaudry.)

M. **Berthelot**, en présentant à l'Académie des Recherches sur l' « Histoire des Machines de guerre et des Arts mécaniques au moyen âge », qu'il vient de faire paraître dans les *Annales de Chimie et de Physique*, s'exprime comme il suit :

« Je demande à l'Académie la permission d'appeler son attention sur le numéro de mars 1900 des *Annales de Chimie et de Physique*. Il renferme une étude que j'ai faite sur le Livre d'un ingénieur militaire, écrit vers l'an 1400 par Conrad Kyeser von Eichstadt, sous le titre *Bellifortis* et conservé à la Bibliothèque de l'Université de Göttingue. Cette étude fait suite à celles que j'ai publiées sur l'histoire de cette branche des Sciences relatives aux Arts militaires et mécaniques, dans l'antiquité et au moyen âge. Le *Bellifortis* est un manuscrit à figures : 169 pages y sont consacrées à représenter les machines de guerre du moyen âge : machines d'escalade, d'attaque et de défense; machines de jet, chars armés de faux et modèles primitifs de l'artillerie à ses débuts, pontons et appareils de natation, machines d'épuisement, balistes et arbalètes, appareils d'éclairage, fourneaux, outils, armes et instruments divers, etc. J'ai reproduit 118 de ces pages en photogravure, en y joignant 5 autres analogues, d'après un Traité écrit en 1335 par Guido da Vigevano, et qui est contenu dans un manuscrit de la Bibliothèque nationale de Paris.

» Le tout forme un ensemble de documents précieux pour l'histoire de la Science. »

M. le Général **Sebert** dépose sur le Bureau de l'Académie un Volume contenant les Comptes rendus du Congrès tenu au mois de septembre 1899, à Boulogne-sur-Mer, par l'Association française pour l'avancement des Sciences, sous la présidence de M. Brouardel.

« Ce Congrès a dû un éclat particulier à la coïncidence de la tenue, à Douvres, à la même époque, de la session de l'Association britannique, ce qui a permis aux deux Associations de se réunir et de tenir des séances communes, tant en France qu'en Angleterre.

» La ville de Boulogne a édité, à l'occasion de cette réunion, un magnifique Ouvrage consacré à la description de la région du Boulonnais.

» Les Communications faites au Congrès ont été nombreuses et importantes. On a remarqué surtout celles qui ont été consacrées aux découvertes nouvelles des Sciences physiques, aux progrès de la navigation et à l'industrie nouvelle si intéressante de l'automobilisme, pour laquelle ont été organisés un concours et une exposition. »

ASTRONOMIE. — *Observations de la comète Giacobini (1900, a), faites à l'observatoire d'Alger, à l'équatorial coudé de* $0^m,318$ *d'ouverture*, par MM. **Rambaud** et **Sy**, présentées par M. Lœwy.

Dates. 1900.	Étoiles.	Comète. — Étoile. Ascension droite.	Déclinaison.	Nombre de compar.	Observ.
		m s	′ ″		
Février 21......	a	— 0.31,33	+ 5.22,7	12:12	S
21......	a	— 0.32,32	+ 5.46,6	12:12	R
22......	b	— 1.42,62	— 9. 0,6	12:12	S
22......	b	— 1.43,17	— 8.46,0	12:12	R
23......	b	— 2.59,10	+10.33,6	12: 8	S
23......	b	— 3. 0,97	+11. 6,3	12: 8	R

Positions des étoiles de comparaison.

Dates. 1900.	⁎	Asc. droite moyenne 1900,0.	Réduction au jour.	Déclinaison moyenne 1900,0.	Réduction au jour.	Autorités.
		h m s	s	° ′ ″	″	
Fév. 21.	a	2.16.49,16	+0,97	— 0. 3.39,5	· 0,0	Radcliffe, n° 548.
22.	b	2.16.40,55	+0,96	+ 0.30.48,2	+ 0,2	Weisse₁, n° 219.
23.	b	2.16.40,55	+0,95	+ 0.30.48,2	+ 0,2	Weisse₁, n° 219.

Positions apparentes de la comète.

Dates. 1900.	Temps moyen d'Alger.	Ascension droite apparente.	Log. fact. parallaxe.	Déclinaison apparente.	Log. fact. parallaxe.
	h m s	h m s		° ′ ″	
Fév. 21....	7. 4.21	2.16.18,80	$\bar{1}$,511	+ 0. 1.43,2	0,722
21....	7.26.55	2.16.17,81	$\bar{1}$,552	+ 0. 2. 7,1	0,722
22....	7.12.59	2.14.58,89	$\bar{1}$,537	+ 0.21.47,8	0,720
22....	7.34.52	2.14.58,34	$\bar{1}$,573	+ 0.22. 2,4	0,720
23....	7.11.43	2.13.42,40	$\bar{1}$,544	+ 0.41.22,0	0,717
23....	7.53.59	2.13.40,53	$\bar{1}$,605	+ 0.41.54,7	0,718

La comète est ronde, faible; son diamètre est de 1′ environ.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Nouvelles déterminations de la pesanteur.* Note de M. J. Collet, présentée par M. Lœwy.

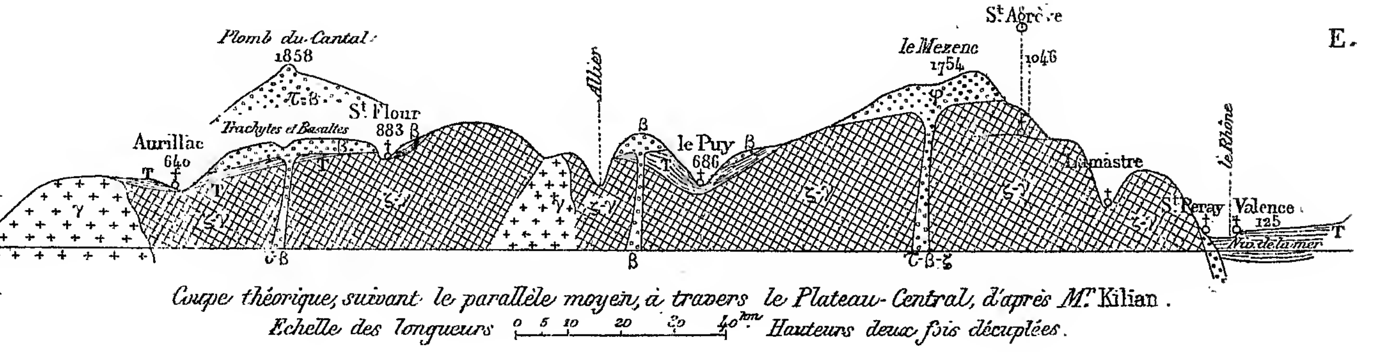
« J'ai l'honneur de présenter à l'Académie quelques résultats pendulaires que j'ai obtenus depuis que, grâce à l'appui de l'Académie et du Bureau des Longitudes, j'ai pu reprendre la suite un instant interrompue de mes expériences.

» Ces résultats, qui relient ou complètent les mesures que j'ai antérieurement effectuées le long du parallèle moyen, du cap Ferret à Turin ([1]), sont relatifs aux trois stations de Grenoble, de Saint-Agrève et du Lautaret.

» Grenoble. — Une détermination de la pesanteur avait été faite à Grenoble en 1894 (*Comptes rendus*, t. CXIX, p. 634); elle avait décelé un déficit de pesanteur considérable. Une vérification paraissait désirable, d'autant que, depuis 1894, mon matériel d'observations avait reçu des perfectionnements, notamment par l'emploi d'une nouvelle lunette méridienne de Gautier. Une nouvelle expérience a donc été faite en juillet 1897. Elle a fourni un résultat qui, tout d'abord, a paru en désaccord avec celui de 1894. Mais la revision des calculs de 1894 a révélé une erreur dans les corrections pendulaires. Dans la réduction aux amplitudes infiniment petites, on avait omis de transformer en unités angulaires la lecture d'amplitudes faites sur l'échelle de l'instrument, et dont la division vaut 5′33.

» Cette erreur corrigée, les résultats de 1894 et de 1897 se sont trouvés concordants,

([1]) Voir *Comptes rendus*, t. CXIX, p. 634; t. CXXII, p. 1265; t. CXXIV, p. 1088.



Coupe théorique, suivant le parallèle moyen, à travers le Plateau-Central, d'après Mr Kilian.
Echelle des longueurs 0 5 10 20 30 40km. Hauteurs deux fois décuplées.

Légende

γ	Roches granitiques	Densité moyenne	2,69
ζγ	Roches cristallines (gneiss) et granitiques	"	2,69
ζ	Gneiss	"	2,69
P	Terrain primaire	"	2,60
H	" houiller	"	2,55
TP	" permien et triasique	"	2,50
J¹ J²	" jurassique	"	2,55
C	" crétacé	"	2,30
T	Tertiaire et quaternaire	"	1,9-2
τ-β	Roches volcaniques: Trachytes (τ), Phonolithes (φ)		2,70 } moy. 2,80
	Basaltes (β), Laves		2,90-3 } moy. 2,80

comme le montre le Tableau résumé que nous donnons plus loin et qui renferme les résultats corrigés de l'expérience de 1894.

» Le déficit de la pesanteur, maintenant réduit à 0,00073, est encore considérable, vu la faible altitude de Grenoble; il nous montre, comme je l'ai déjà signalé ailleurs, que *le déficit général relatif à un massif montagneux s'étend, dans une grande mesure, aux vallées que comprend ce massif.*

» Saint-Agrève. — Cette station, située à 1058^m d'altitude, sur la crête des Cévennes, au bord oriental du Plateau Central, dominant la vallée du Rhône [1], établit une liaison entre les opérations alpines et celles du centre.

» En juillet 1898 j'y ai fait une première expérience que j'ai cru utile de répéter, l'année suivante, en août 1899. J'avais été frappé du faible déficit constaté, peu supérieur à celui que j'avais trouvé à Valence, résultat qui, s'il était bien exact, viendrait confirmer la remarque rappelée ci-dessus à propos de Grenoble.

» L'expérience de 1899 est venue confirmer d'une manière *rigoureuse* le résultat de 1898. Les deux valeurs obtenues pour g différent, en effet, de moins de 10$^{\mu}$, ce qui est bien digne d'attention.

» Le Lautaret. — Cette dernière station est située, à 2058^m d'altitude, dans un col largement ouvert de l'est à l'ouest, qui n'est immédiatement dominé par aucun massif voisin considérable, ce qui en fait une bonne station pendulaire. Sa position à 16^{km} au nord-nord-est de la Bérarde, où j'avais opéré en 1894, et dont elle est cependant séparée par des chaînes puissantes dont les crêtes s'élèvent à près de 4000^m, donnera un intérêt particulier à la comparaison des résultats.

» L'expérience du Lautaret a présenté des difficultés inattendues et causé de grandes fatigues, en raison du mauvais temps qui a sévi. Deux fois commencée, en novembre 1898, en mai 1899, elle a dû être interrompue et remise à plus tard. Enfin, en juin 1899, elle a été tentée une troisième fois et conduite jusqu'au bout, malgré un orage qui a duré pendant une grande partie de la seconde nuit d'observation.

» Le résultat obtenu accuse un déficit de pesanteur plus grand encore qu'à la Bérarde. Il est vrai que je n'ai pu faire encore la correction de l'*attraction topographique,* comme cela a été fait pour le Lautaret : mais cette correction sera ici très faible, peut-être négligeable, les montagnes qui entourent le Lautaret étant relativement moins élevées, et surtout beaucoup moins rapprochées que celles qui forment le cirque de la Bérarde.

» Les résultats de mes dernières observations sont résumés dans le Ta-

---

[1] Voir *Comptes rendus,* t. CXXIV, p. 1090, *fig.* 2.

bleau suivant, qui présente les mêmes dispositions que ceux déjà antérieurement publiés.

Tableau résumé des observations.

		T.	T — T'.	τ.	θ.	τ à 15°.	g.
Grenoble.....	1894	711 3474	1024	711 4997	14°,69	711 5017	9,80585
Grenoble.....	1897	711 3972	994	711 5450	22,26	711 4978	9,80595
Saint-Agrève..	1898	711 4172	1067	711 5759	18,05	711 5561	9,80435
Saint-Agrève..	1899	711 4149	1066	711 5734	17,62	711 5564	9,80434
Le Lautaret...	1899	711 4718	1097	711 6349	9,59	711 6701	9,80121
Moyennes adoptées.		Grenoble............				711 4998	9,80590
		Saint-Agrève.........				711 5563	9,80434

	Altitude.	Latitude.	Densité.	g_0.	g_1.	$g_0 - g_1$.
Grenoble.....	211^m	45°11'12"	2,6	9,80632	9,80705	—0,00073
Saint-Agrève..	1058	45 0 36	2,7	9,80639	9,80689	—0,00050
Le Lautaret...	2058	45 2 5	2,7	9,80521	9,80688	—0,00167

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une théorie des systèmes d'équations aux différentielles totales de second ordre.* Note de M. **Ernst Pascal**, présentée par M. Hermite.

« Dans la séance du 7 mars 1898, M. A. Guldberg a communiqué quelques résultats sur le sujet des équations aux différentielles totales de second ordre à trois variables (voir encore les *Mémoires de l'Académie de Christiania* de 1898).

» Je me permets de communiquer à l'Académie quelques résultats plus généraux que j'ai obtenus, cet hiver, pendant mon cours d'Analyse à l'Université de Pavie. Supposons $x_{n-m+1}, \ldots, x_n$ fonctions des variables $x_1, x_2, \ldots, x_{n-m}$, et un système de m équations aux différentielles totales de second ordre sous la forme

$$(1)\quad \left\{\begin{array}{l} d^2 x_{n-m+1} - \sum\sum_{h,k=1}^{n} X_{hk1}\, dx_h\, dx_k = 0, \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots, \\ d^2 x_n - \sum\sum_{h,k=1}^{n} X_{hkm}\, dx_h\, dx_k = 0 \end{array}\right. \qquad (X_{hki} = X_{khi}).$$

où les X sont des fonctions de toutes les variables x; nous nous proposons d'intégrer, s'il est possible, ce système avec n équations $\varphi_1 = 0, \ldots, \varphi_m = 0$.

» Si nous supposons que dans le φ sont contenues m fonctions arbitraires *linéaires* $\alpha_1, \alpha_2, \ldots, \alpha_m$ des variables $x_1, \ldots, x_{n-m}$, avec $m(n-m+1)$ constantes arbitraires, nous pouvons éliminer ces fonctions et leurs différentielles premières $d\alpha, \ldots, d\alpha_m$ entre

$$(2) \qquad \begin{cases} \varphi_1 = 0, & \ldots, & \varphi_m = 0, \\ d\varphi_1 = 0, & \ldots, & d\varphi_m = 0, \\ d^2\varphi_1 = 0, & \ldots, & d^2\varphi_m = 0, \end{cases}$$

et retrouver par là un système de la forme (1). Ce cas est celui que l'on peut appeler des *systèmes complètement intégrables*, en étendant les définitions connues pour les systèmes de premier ordre.

» J'ai démontré que *les intégrales φ de* (1) *ne peuvent contenir plus que $m(n-m+1)$ constantes arbitraires, et que, dans ce cas, ces constantes doivent être contenues nécessairement comme coefficients de m fonctions linéaires des variables $x_1, \ldots, x_{n-m}$.*

» *Les conditions nécessaires et suffisantes pour ce cas sont de la forme*

$$(3) \quad [jhki] = \frac{\partial X_{jki}}{\partial x_h} - \frac{\partial X_{hki}}{\partial x_j} + \sum_{s=1}^{m} (X_{j,n-m+s,i} X_{hks} - X_{h,n-m+s,i} X_{jks}) = 0,$$

où les indices j, h, k peuvent varier entre 1 *et n, et i peut varier entre* 1 *et m.*

» *Ces conditions ne sont pas toutes indépendantes; il y a toujours*

$$\frac{m(n-1)n(n+1)}{3}$$

conditions indépendantes. Pour $m = 1$, $n = 3$ on a huit conditions, comme a trouvé M. Guldberg.

» *On a identiquement*

$$[jhki] - [khji] = [jkhi].$$

Lorsque les conditions (3) *sont satisfaites, existent toujours m systèmes de m fonctions*

$$\begin{matrix} \mu_{11}, & \ldots, & \mu_{1m}, \\ \ldots, & \ldots, & \ldots, \\ \mu_{m1}, & \ldots, & \mu_{mm}, \end{matrix}$$

tels que la somme des produits des $\mu_{i1}, \ldots, \mu_{im}$, pour les premiers membres des (1) *soit une différentielle seconde exacte.*

» *Les* μ *sont déterminées des équations*

$$(4) \qquad d\mu_{ij} = -\sum_{h=1}^{m}\left(\sum_{r=1}^{m}\mu_{ir}\,X_{h,n-m+j,r}\right)dx_h,$$

lesquelles forment, dans ce cas, un système de premier ordre complètement intégrable.

» En déterminant les μ au moyen du système (4), on peut avoir l'intégration complète du système (1).

» Mais sur l'intégration du système (1), on peut faire plusieurs autres considérations que je réserve pour un travail plus étendu qui sera prochainement publié. »

PHYSIQUE. — *Sur la charge électrique des rayons déviables du radium* (1). Note de M. **P. Curie** et de Mme **M. P. Curie**, présenté par M. Becquerel.

« Les expériences de MM. Giesel, Meyer et v. Schweidler et Becquerel ont montré que les rayons du radium sont déviés dans un champ magnétique comme les rayons cathodiques (2). Nous avons montré d'autre part que le rayonnement du radium comprend deux groupes de rayons bien distincts : les rayons déviés dans un champ magnétique et les rayons non déviés dans un champ magnétique (3).

» Or les rayons cathodiques sont, comme l'a montré M. Perrin, chargés d'électricité négative (4). De plus, ils peuvent, d'après les expériences de MM. Périn et Lenard, transporter leur charge à travers des enveloppes métalliques réunies à terre et à travers des lames isolantes (5). En tout point où les rayons cathodiques sont absorbés, se fait un dégagement

---

(1) Ce travail a été fait à l'École municipale de Physique et de Chimie industrielles.

(2) Giesel, *Wied. Ann.*, t. LXIX, p. 834. — N. Meyer et v. Schweidler, *Physikalische Zeitschrift*, t. I, p. 113. — Becquerel, *Comptes rendus*, t. CXXIX, p. 996.

(3) *Comptes rendus*, t. CXXX, p. 73 et 76.

(4) *Comptes rendus*, t. CXXI, p. 1130, et *Annales de Chimie et de Physique*, 7e série, t. XI, p. 433; 1897. Dans les expériences de M. Perrin, l'ordre de la charge était de 10^{-6} coulombs pour une interruption de la bobine.

(5) Lenard, *Wied. Ann.*, t. LXIV, p. 279.

continu d'électricité négative. Nous avons constaté qu'il en est de même pour les rayons déviables du radium. *Les rayons déviables du radium sont chargés d'électricité négative.*

» Étalons la substance radioactive sur l'un des plateaux d'un condensateur, ce plateau étant relié métalliquement à la terre; le second plateau est relié à un électromètre; il reçoit et absorbe les rayons émis. Si les rayons sont chargés, on doit observer une arrivée continue d'électricité à l'électromètre. Cette expérience, réalisée dans l'air, ne nous a pas permis de déceler une charge des rayons, mais l'expérience ainsi faite n'est pas sensible. L'air entre les plateaux étant rendu conducteur par les rayons, l'électromètre n'est plus isolé et ne peut accuser que des charges assez fortes.

» Pour que les rayons non déviables ne puissent apporter de trouble dans l'expérience, on peut les supprimer en recouvrant la source radiante d'un écran métallique mince; le résultat de l'expérience n'est pas modifié ([1]).

» Nous avons sans plus de succès répété cette expérience dans l'air en faisant pénétrer les rayons dans l'intérieur d'un cylindre de Faraday en relation avec l'électromètre ([2]).

» On pouvait déjà se rendre compte, d'après les expériences qui précèdent, que la charge des rayons du produit radiant employé était considérablement plus faible que celle des rayons cathodiques.

» Pour constater un faible dégagement d'électricité sur le conducteur qui absorbe les rayons, il faut le mettre à l'abri de l'air, soit en le plaçant dans un tube avec un vide très parfait, soit en l'entourant d'un bon diélectrique solide. C'est ce dernier dispositif que nous avons employé.

» Un disque conducteur MM (*fig.* 1) est relié par la tige métallique *t* à l'électromètre; disque et tige sont complètement entourés de matière isolante *iii*; le tout est recouvert d'une enveloppe métallique EEE qui est en communication électrique avec la terre. Sur l'une des faces du disque, l'isolant *pp* et l'enveloppe métallique sont très minces. C'est cette face qui est exposée au rayonnement du sel de baryum radifère R placé à l'extérieur dans une auge en plomb ([3]). Les rayons émis par le radium tra-

---

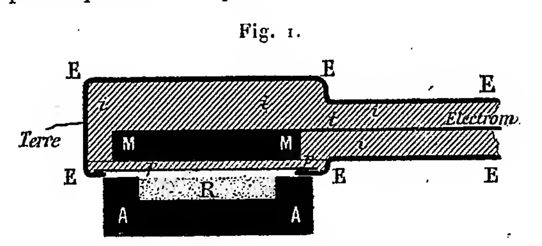
([1]) A vrai dire, dans ces expériences, on observe toujours une déviation à l'électromètre, mais il est facile de se rendre compte que ce déplacement est un effet de la force électromotrice de contact qui existe entre le plateau relié à l'électromètre et les conducteurs voisins; cette force électromotrice charge l'électromètre grâce à la conductibilité de l'air soumis au rayonnement du radium.

([2]) Le dispositif du cylindre de Faraday n'est pas nécessaire, mais il pourrait présenter quelques avantages dans le cas où il se produirait une forte diffusion des rayons par les parois frappées. On pourrait espérer ainsi recueillir et utiliser ces rayons diffusés, s'il y en a.

([3]) L'enveloppe isolante doit être parfaitement continue. Toute fissure remplie d'air

versent l'enveloppe métallique extérieure et la lame isolante *pp* et sont absorbés par le disque métallique MM. Celui-ci est alors le siège d'un dégagement continu et constant d'électricité négative que l'on constate à l'électromètre et que l'on mesure à l'aide du quartz piezoélectrique.

Fig. 1.



» Le courant ainsi créé est très faible. Avec du chlorure de baryum radifère très actif formant une couche de $2^{cq},5$ de surface et de $0^{cm},2$ d'épaisseur, on obtient un courant de l'ordre de grandeur de 10^{-11} ampères (les rayons utilisés ayant traversé, avant d'être absorbés par le disque MM, une épaisseur d'aluminium de $0^{mm},01$ et une épaisseur d'ébonite de $0^{mm},3$.

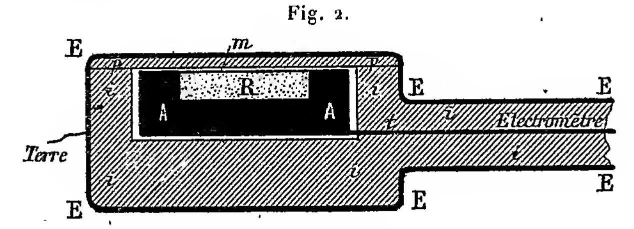
» Nous avons employé successivement du plomb, du cuivre et du zinc pour le disque MM, de l'ébonite et de la paraffine pour l'isolant; les résultats obtenus ont été les mêmes.

» Le courant diminue quand on éloigne la source radiante R, ou quand on emploie un produit moins actif.

» Nous avons encore obtenu les mêmes résultats en remplaçant le disque MM par un cylindre de Faraday rempli d'air, mais enveloppé extérieurement par une matière isolante. L'ouverture du cylindre, fermée par la plaque isolante mince *pp*, était en face de la source radiante.

» Enfin, nous avons fait l'expérience inverse qui consiste à placer l'auge de plomb avec le radium au milieu de la matière isolante et en relation avec l'électromètre (*fig.* 2), le tout étant enveloppé par l'enceinte métallique reliée à la terre.

Fig. 2.



» Dans ces conditions, on observe à l'électromètre que le radium prend une charge positive et égale en grandeur à la charge négative de la première expérience. Les rayons

---

allant du conducteur intérieur jusqu'à l'enveloppe métallique est une cause de courant dû aux forces électromotrices de contact utilisant la conductibilité de l'air par l'effet du radium.

du radium traversent en effet la plaque diélectrique mince *pp* et quittent le conducteur intérieur en emportant de l'électricité négative.

» Les rayons non déviables du radium n'interviennent pas dans les expériences précédentes, puisqu'ils sont absorbés par une épaisseur extrêmement mince de matière. La méthode qui vient d'être décrite ne convient pas non plus pour l'étude de la charge des rayons du polonium, ces rayons étant également très peu pénétrants. Nous n'avons observé aucun indice de charge avec du polonium qui émet seulement des rayons non déviables, mais, pour la raison qui précède, on ne peut tirer de cette expérience aucune conclusion.

» Ainsi, dans le cas des rayons déviables du radium, comme dans le cas des rayons cathodiques, les rayons transportent de l'électricité. Or, jusqu'ici, on n'a jamais reconnu l'existence de charges électriques non liées à la matière pondérable. On est donc amené à considérer comme vraisemblable que le radium est le siège d'une émission constante de particules de matière électrisée négativement, capables de traverser sans se décharger des écrans conducteurs ou diélectriques. Si le rapport de la charge électrique à la masse était le même que dans l'électrolyse, le radium, dans l'expérience précédente, perdrait 3 équivalents en milligrammes en un million d'années.

» Un échantillon de radium qui serait isolé électriquement d'une façon parfaite, se chargerait spontanément en peu de temps à un potentiel extraordinairement élevé. Dans l'hypothèse balistique, le potentiel augmenterait jusqu'à la création d'un champ suffisamment intense pour empêcher l'éloignement des particules électrisées émises.

» Nous avons répété avec les rayons de Röntgen les expériences dont il a été question dans cette Note. Les effets obtenus sont extrêmement faibles, nous pouvons seulement conclure de ces expériences que si ces rayons sont chargés, ils le sont donc encore bien moins que les rayons déviables du radium. »

OPTIQUE. — *Dissymétrie dans l'émission polarisée d'un tube de Geissler soumis à l'action d'un champ magnétique.* Note de M. **R. Dongier**, présentée par M. Lippmann.

« MM. Egoroff et Georgiewsky (1) ont découvert que, sous l'action d'un champ magnétique, les flammes susceptibles de donner des raies métal-

(1) *Comptes rendus*, t. CXXIV, p. 748 et 1242; t. CXXV, p. 16; 1897.

liques spontanément renversables émettent, dans une direction normale aux lignes de force, de la lumière partiellement polarisée. J'ai indiqué dans une précédente Note ([1]) qu'il en est de même de la radiation rouge émise par un tube de Geissler à hydrogène, soumis à l'action d'un champ magnétique normal à son axe. Toutefois, et c'est en cela que consiste le fait nouveau, l'observation dans une direction normale à l'axe du tube, autre que la direction du champ magnétique, met en évidence de chaque côté du tube, pour un même sens de décharge, des proportions différentes de lumière polarisée.

» I. Le rôle du *sens de la décharge* a pu être précisé en employant successivement une batterie d'accumulateurs et une bobine de Ruhmkorff. L'observation a été faite dans la direction normale aux lignes de force pour laquelle les différences sont le plus caractéristiques.

» L'œil placé au foyer conjugué du tube, par rapport à une lentille convergente, regarde dans le champ de cette lentille au travers du polariscope de Savart muni d'une lame de verre rouge.

» La batterie d'accumulateurs, de force électromotrice voisine de 4000 volts, fournit, avec une résistance convenable, un courant de l'ordre du millième d'ampère; le tube émet ainsi une lumière remarquable par son éclat et par sa fixité. On ne peut pas admettre qu'il y ait changement de sens dans la décharge. Les franges de Savart apparaissent avec une grande netteté lorsque le champ magnétique rejette le filet lumineux vers le côté du tube capillaire qui est opposé à celui où se trouve l'observateur; elles disparaissent si l'on change le sens du courant dans l'électro-aimant ([2]).

» La bobine de Ruhmkoff, munie d'un interrupteur Wehnelt (type Caldwell-Simon), fournit des décharges dans les deux sens; aussi aperçoit-on, avec des différences dans la netteté, les franges de Savart pour les deux sens du courant dans l'électro-aimant. Il existe alors, dans le tube capillaire, deux filets lumineux déplacés par le champ magnétique et longeant les deux génératrices diamétralement opposées contenues dans le plan normal aux lignes de force magnétique; chacun d'eux possède une émission propre et l'œil perçoit la superposition des deux effets. On purifie l'apparence du phénomène en mettant en série avec le tube observé un certain nombre de tubes de Geissler jusqu'à ne laisser passer la décharge que dans un seul sens; les franges n'apparaissent après cela que pour un seul sens du courant dans l'électro-aimant.

» Le côté du tube où se produit l'émission polarisée est donc en relation avec le sens de la décharge et la direction du champ magnétique.

([1]) *Comptes rendus*, t. CXXX, p. 244.

([2]) Dans ma précédente Note, il faut lire « dans le sens inverse des aiguilles d'une montre », au lieu de « dans le sens des aiguilles... ».

Suivant que le filet lumineux longe la génératrice du tube du côté opposé à l'observateur ou du même côté que l'observateur, on aperçoit ou non des franges dans le polariscope.

» II. Il semblerait naturel d'attribuer aux changements introduits dans les conditions de la réfraction à travers les parois du tube, par le déplacement que subit le filet lumineux, les deux apparences observées dans le polariscope, pour les deux sens du courant dans l'électro-aimant. Mais il n'en est pas ainsi.

» Le phénomène conserve, en effet, les caractères qui viennent d'être signalés, même lorsque la distance du tube à la lentille est assez grande pour que le diamètre de celle-ci soit vu, de la portion du tube dont l'image couvre la pupille de l'œil, sous un angle moindre que 1°; or, avec une lame de verre *parallèle* à l'axe du tube, interposée entre la lentille et le polariscope, on n'obtient une proportion de lumière polarisée équivalente à celle produite par un champ magnétique de 4000 unités C. G. S. que si on l'incline d'un angle voisin de 45° par rapport au faisceau central. D'ailleurs, *un tel champ fait disparaître les franges qui existaient sur la lame inclinée; le champ magnétique et la réfraction produisent des effets qui se contrarient.* Comme dans le cas des flammes observées par MM. Egoroff et Georgiewsky, le champ magnétique modifie l'émission d'un tube de Geissler en donnant la prépondérance aux vibrations de Fresnel normales aux lignes de force.

» On pourrait aussi être tenté d'admettre que les apparences déjà décrites résultent de la superposition du phénomène de MM. Egoroff et Georgiewsky et des effets produits par la réfraction.

» S'il en était ainsi, la polarisation par réfraction contrebalancerait l'effet du champ magnétique lorsque la direction de celui-ci est telle qu'aucune frange n'est observée dans le polariscope. Les variations du champ magnétique modifient l'effet Egoroff et Georgiewsky; elles ne changent pas sensiblement les effets de la réfraction; on vérifie par l'expérience que la disparition des franges a lieu dans tous les cas. Si la compensation avait lieu pour une valeur du champ, elle ne saurait exister pour des valeurs moindres ou plus élevées.

» Deux tubes de même forme et de même dimension contiennent, l'un de l'hydrogène, l'autre de l'azote. Le même champ magnétique produit des franges très nettes avec le tube à hydrogène, presque inappréciables avec l'azote. Quoique l'effet de la réfraction soit le même dans les deux cas, la compensation a lieu en même temps dans les deux tubes lorsqu'on renverse le sens du courant dans l'électro-aimant, malgré les apparences d'abord différentes qui seraient dues au phénomène de MM. Egoroff et Georgiewsky.

» La réfraction seule, ou bien la superposition des effets dus à la réfraction et au phénomène de MM. Egoroff et Georgiewsky, ne suffisent donc pas à expliquer les particularités que j'ai décrites dans ma précédente Note.

On en est réduit à admettre que ces apparences rendent manifeste une propriété spécifique du filet lumineux lui-même, soumis à l'action d'un champ magnétique. L'étude de l'état vibratoire de la lumière émise dans les différentes directions normales à l'axe du tube confirme cette conclusion. Les résultats obtenus seront publiés plus tard. »

SPECTROSCOPIE. — *Sur la constitution des raies jaunes du sodium.* Note de MM. **Ch. Fabry** et **A. Perot**, présentée par M. A. Cornu.

« Le fréquent usage de la lumière jaune du sodium dans les expériences d'Optique donne un intérêt particulier à l'étude des radiations D_1 et D_2.

» On sait depuis longtemps que ces raies sont très facilement renversables; d'autre part, dans sa belle série de recherches sur la constitution des raies métalliques, M. Michelson a annoncé que chacune d'elles pouvait être double; toutefois, les résultats des expériences ont été extrêmement variés, selon les conditions de température et de pression. La lumière était émise par de la vapeur de sodium à faible pression, traversée par des décharges d'induction; on l'étudiait à l'interféromètre sans séparer préalablement les deux raies jaunes, ce qui devait compliquer singulièrement les apparences.

» Nous avons repris l'étude de cette question au moyen de notre spectroscope interférentiel, et nous sommes arrivés à cette conclusion que le dédoublement apparent de chacune des raies jaunes était dû simplement à un renversement. L'emploi d'un tube de Michelson à sodium donnant lieu à beaucoup de difficultés, nous nous sommes servis du trembleur à étincelles dans le vide que nous avons récemment décrit (¹). Les étincelles de rupture jaillissent contre une tige de fer recouverte d'argent (pôle —) et un alliage de sodium et d'argent (pôle +), obtenu en projetant du sodium dans de l'argent fondu. Le spectre de cette lumière contient les deux raies jaunes du sodium et quelques autres doublets, beaucoup plus faibles, du même métal. Les raies de l'argent sont presque invisibles, de sorte que pratiquement les deux raies D_1 et D_2 sont seules à considérer.

» Pour séparer l'une de l'autre les deux radiations jaunes et les étudier séparément, l'emploi d'un système dispersif présenterait de très grandes difficultés; nous avons employé une méthode indiquée par M. Mascart (²); le faisceau, rendu parallèle par une lentille, traverse normalement une lame de quartz parallèle à l'axe de 30^{mm} d'épaisseur, placée entre un polariseur et un analyseur dont les sections principales, parallèles ou

(¹) *Comptes rendus*, 12 février 1900.

(²) *Annales scientifiques de l'École Normale supérieure*, 2ᵉ série, t. III, p. 395; 1874.

croisées font des angles de 45° avec les axes de la lame. L'une des radiations est éteinte, l'autre passe sans altérations autres que celles dues aux réflexions, de sorte que l'on perd relativement peu de lumière. Il suffit de trouver l'analyseur de 90° pour passer de D_1 à D_2. La lumière qui sort de ce système séparateur est reçue sur le spectroscope interférentiel.

» Chacune des raies jaunes se présente sous la forme d'un doublet, c'est-à-dire de deux raies brillantes séparées par un intervalle obscur, mais l'étude attentive du phénomène montre que ce dédoublement est dû à un simple renversement. Il suffit d'augmenter l'intensité du courant qui fournit l'étincelle pour voir les deux raies brillantes du doublet se séparer, ce qui correspond à un élargissement de la partie obscure, en même temps que chacune d'elles s'élargit. Ce fait est évidemment dû à un élargissement de la radiation émise par la partie brillante et à un accroissement de l'absorption par la vapeur de sodium, qui devient plus abondante à mesure que la température s'élève. Ces renversements ont été d'ailleurs observés depuis longtemps au moyen du spectroscope ordinaire, dans la lumière émise par les flammes contenant du sodium. Si l'on veut considérer les raies du Na comme doubles, il faut ajouter que la distance des deux composantes est infiniment variable avec les conditions de l'émission.

» Ce fait nous donne l'exemple d'une raie à composantes de longueurs d'onde variables, nettement différente des *raies multiples* proprement dites, à composantes de longueurs d'onde fixes. La raie du sodium et les autres raies renversées appartiennent à la première catégorie; la raie du mercure 546, la raie du cuivre 578 et beaucoup d'autres appartiennent à la seconde. Les raies de cette seconde catégorie se prêtent parfaitement aux mesures de haute précision, à condition que l'on puisse séparer les diverses composantes et faire porter la mesure sur l'une d'elles. Cela est d'autant plus nécessaire que dans beaucoup de cas l'éclat relatif des diverses composantes est sujet à varier (¹). Les raies de la première catégorie n'offrent,

(¹) La raie verte du cadmium (508) paraît présenter des variations de ce genre : M. Michelson la trouve double; nos observations conduisent au même résultat et précisent la position du satellite; la raie principale a un éclat très prédominant. Or, M. Hamy, en se servant de ses tubes sans électrodes, trouve cette raie triple. Cette différence de constitution tient sans doute aux conditions différentes d'illumination de la vapeur de cadmium (tube avec ou sans électrodes). Enfin, M. Hamy, en mesurant le rapport des longueurs d'onde des raies 508 et 643, trouve un résultat qui diffère de $1,9 \times 10^{-5}$ de celui de M. Michelson; une pareille erreur dans les mesures faites au Bureau international est inadmissible; nous avons utilisé un grand nombre de fois ces raies pour des mesures de longueur d'onde, et une erreur de cet ordre ne nous aurait pas échappé. Il est donc très probable qu'il y a une petite différence sur les longueurs d'onde de l'une au moins des raies émises par les deux espèces de tubes. M. Hamy admet implicitement que la raie rouge a rigoureusement la même longueur d'onde dans les deux cas. Nous devons rappeler que toutes nos mesures de longueurs

au contraire, rien de stable et de nettement défini; leur aspect dépend non seulement de la *source*, mais de l'atmosphère environnante.

» Dans le cas du sodium, par exemple, la vapeur possède un pouvoir absorbant énorme, même à basse température et pression très faible; on peut dans certains cas obtenir une absorption dissymétrique, notamment lorsque la vapeur absorbante est dans des conditions physiques différentes de la vapeur lumineuse, dans le cas, par exemple, où l'émission est produite par une flamme, et l'absorption par un ballon, vide d'air, contenant de la vapeur de sodium à 100° ou 150°. Les anneaux noirs d'absorption, très fins, sont placés dissymétriquement dans les anneaux brillants.

» Dans le cas des flammes, convenablement employées, on peut éviter l'interposition des vapeurs froides, et par suite le renversement des raies; mais toutes les fois que la partie lumineuse est entourée d'une atmosphère à basse température, il se produit toujours un renversement, qui peut passer inaperçu si le spectroscope n'est pas assez puissant.

» Les deux raies D_1 et D_2 se comportent de façon analogue, mais la seconde raie est plus forte que la première, et son renversement plus accentué.

» Ces faits expliquent les résultats obtenus par M. Michelson, si compliqués et si variables que ce savant a renoncé à en achever l'étude; il s'est trouvé en présence de deuv raies renversées (D_1 et D_2 n'étant pas séparées), formant deux doublets inégaux comme intensité, comme largeur de raies, et comme écartement, ces trois grandeurs étant sujettes à varier dans des conditions difficiles à préciser. Dans notre spectroscope, les anneaux fournis par les raies D_1 et D_2, non séparées et renversées, donnent l'impression de quelque chose d'absolument instable, l'aspect du phénomène changeant à chaque instant. »

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur le spectre des aurores polaires.* Extrait d'une lettre adressée d'Islande par M. **Paulsen** à M. Mascart.

« .... Avec le spectrographe de M. Pellin, à lentilles et prismes de quartz, nous avons obtenu, par voie photographique, plusieurs lignes nouvelles, surtout dans la partie ultra-violette du spectre de l'aurore boréale. Nous possédons encore un autre spectrographe d'un pouvoir lumineux plus fort, mais dont les lentilles et le prisme sont de verre; on peut, avec cet appa-

---

d'onde sont rapportées directement aux radiations émises par les tubes de M. Michelson, et par suite à la définition officielle du mètre.

reil, photographier des raies correspondant à une longueur d'onde à peu près égale à celle de la raie O dans le spectre solaire.

» Avec ces deux appareils nous avons, depuis la fin de décembre jusqu'à ce jour (25 janvier 1900), pris des photographies de vingt-deux lignes, dont seize sont nouvelles.

» Les longueurs d'onde, préalablement déterminées par comparaison avec des lignes spectrales de l'air et de quelques métaux, sont les suivantes, exprimées en millionièmes de millimètre :

» Lignes fortes : 337, 358, 391,5, 420.
» Lignes faibles : 353, 371, 376, 381, 393, 397, 402, 406, 412, 417, 422, 432, 436, 443, 449, 456, 463, 470.

» Les lignes semblent appartenir à des spectres différents de l'aurore. Ainsi pour obtenir les quatre fortes lignes il suffit d'exposer le spectrographe à une lumière aurorale faible; il semble même que ces lignes apparaissent seulement par l'effet de cette clarté extraordinaire du ciel qui est propre aux nuits des pays arctiques, sans que l'œil puisse apercevoir quelque phénomène anormal proprement dit. Ainsi sur les plaques photographiques on voit le prolongement de ces lignes dans la partie du champ qui n'a été illuminée que par la lumière réfléchie dans le prisme à réflexion. Pour la production photographique des lignes faibles, au contraire, il est nécessaire de pointer le spectrographe sur les parties de l'aurore qui, par vue spectroscopique, donnent plusieurs lignes.

» Nos recherches sont loin d'être finies; le mauvais temps nous a gênés beaucoup dans notre travail. Ainsi nous avons aperçu des traces d'un assez grand nombre de lignes (15 à 20) très faibles dans la partie du spectre correspondant à des longueurs d'onde entre 337 et 250 environ.... »

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la préparation des phosphures de fer, de nickel, de cobalt et de chrome* (1). Note de M. **Georges Maronneau**, présentée par M. Henri Moissan.

« Les recherches que nous avons poursuivies sur la réduction des phosphates par le charbon à la température du four électrique nous ont dé-

(1) Laboratoire des hautes études de M. H. Moissan.

montré que l'on obtient, dans la plupart des cas, plutôt un métal phosphoré qu'un phosphure défini. La séparation du phosphure de l'excès de métal ou de carbone est toujours difficile.

» L'étude que nous avons faite antérieurement (¹) de la réduction du phosphate de cuivre par le charbon a établi qu'il existe un phosphure de cuivre stable au four électrique, ou, pour être plus précis, stable à la température d'ébullition du cuivre. Cette constatation nous a fait envisager la possibilité de préparer d'autres phosphures métalliques à l'aide du phosphure de cuivre par une réaction analogue à celle qui a été utilisée par M. Lebeau (²) pour la préparation des siliciures métalliques. Nous avons donc fait agir sur le phosphure de cuivre fortement chauffé au four électrique le métal dont nous voulions obtenir le phosphure. Ce procédé nous a permis de préparer quelques phosphures définis, bien cristallisés.

» *Phosphure de fer* Fe^2P. — Nous avons fait un mélange de 100 parties de phosphure de cuivre du commerce (³) et 10 parties de limaille de fer. Ce mélange a été chauffé au four électrique à creuset de M. Moissan pendant quatre minutes avec un courant de 900 ampères sous 45 volts.

» Le culot retiré du creuset était bien fondu, très dur, à cassure cristalline. Après quelques essais, nous avons reconnu qu'il suffisait, pour isoler le phosphure de fer, de traiter le culot par l'acide azotique concentré et chaud, jusqu'à ce qu'on ne puisse plus constater la présence du cuivre dans les liquides. Il reste une matière cristallisée qui est constituée par le phosphure Fe^2P.

» Les cristaux de ce phosphure ont l'aspect d'aiguilles très brillantes, de couleur gris blanchâtre. Leur densité est 6,57.

» Ils sont insolubles dans tous les acides, sauf dans l'acide azotique additionné d'acide fluorhydrique. Leurs propriétés chimiques ne les distinguent pas du phosphure de fer Fe^2P déjà connu.

» *Phosphure de nickel* Ni^2P. — Le mélange utilisé dans ce cas renfermait 100 parties de phosphure de cuivre et 10 parties de limaille de nickel. La durée de la chauffe est la même que dans le cas précédent.

» La masse obtenue était bien fondue, très difficile à diviser, et sa cassure était parsemée de cristaux très brillants. Nous avons pu isoler ces derniers en dissolvant le cuivre phosphoré en excès par l'acide azotique concentré et chaud.

(¹) G. Maronneau, *Sur la préparation et les propriétés d'un sous-phosphure de cuivre cristallisé* (*Comptes rendus*, t. CXXVIII, p. 936).

(²) P. Lebeau, *Sur un nouveau procédé de préparation du siliciure de fer* SiFe (*Comptes rendus*, t. CXXVIII, p. 933).

(³) Le phosphure de cuivre que nous avons utilisé pour ces recherches renfermait : cuivre, 89,95; phosphore, 9,95.

» Le phosphure de nickel ainsi préparé correspond à la formule Ni^2P. Il est cristallisé en aiguilles très brillantes d'un gris clair. Densité à 15° = 6,3. De même que le phosphure de fer il est inattaquable par les acides, sauf par le mélange d'acide azotique et d'acide fluorhydrique.

» *Phosphure de cobalt* Co^2P. — Le phosphure de cuivre et la limaille de cobalt sont mélangés dans les mêmes proportions que dans le cas du nickel et du fer. La marche de l'expérience est identique, et l'on obtient un culot métallique à cassure cristalline.

» L'acide azotique dissout complètement la matière et nous avons dû employer, pour isoler les cristaux, de l'acide azotique dilué au $\frac{1}{3}$ dont nous avons prolongé l'action jusqu'à ce qu'il n'enlève plus de cuivre.

» Ce phosphure de cobalt a pour formule Co^2P. Il se présente en petites aiguilles en tout semblables à celles du phosphure de nickel. Densité à 15° = 6,4.

» L'acide azotique concentré dissout ce phosphure qui s'attaque en outre lentement par l'acide chlorhydrique et l'acide sulfurique.

» *Phosphure de chrome* CrP. — Les proportions de chrome (¹) et de phosphure de cuivre utilisées sont les mêmes que précédemment. On a également chauffé pendant quatre minutes avec un courant de 900 ampères sous 45 volts.

» La masse métallique retirée du creuset est assez friable et à texture cristalline. L'acide azotique concentré nous a permis d'isoler un phosphure de chrome de formule CrP. Ce corps se présente en cristaux gris terne, insolubles dans les acides, sauf dans le mélange nitrique fluorhydrique. Leur densité à 15° est 5,71.

» En résumé, nous avons pu préparer par l'action du phosphure de cuivre fondu au four électrique, sur le fer, le nickel, le cobalt et le chrome, des phosphures de ces métaux répondant aux formules suivantes : Fe^2P, Ni^2P, Co^2P, CrP.

» Ces composés avaient été obtenus antérieurement par d'autres procédés, mais leurs conditions de formation et de stabilité étaient, à notre avis, insuffisamment établies. Nous devons les considérer comme les composés phosphorés de ces métaux stables à la température d'ébullition du cuivre. »

(¹) Le chrome que nous avons employé a été préparé par le procédé indiqué par M. Moissan, *Le four électrique*, p. 206.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'eugénol, le safrol et la propylpyrocatéchine.* Note de M. **Raymond Delange**, présentée par M. H. Moissan.

« L'eugénol, comme l'a établi M. Ch. Moureu par synthèse directe ([1]) est un allylgaïacol, et sa formule de constitution est la suivante :

$$CH^2 = CH - \underset{(1)}{CH^2} - C^6H^3 \begin{cases} OCH^3 & (3) \\ OH & (4) \end{cases}$$

» Il semble que par simple déméthylation il doive donner l'allylpyrocatéchine encore inconnue. Or, quand on le traite par l'acide bromhydrique à 100°, il se forme bien du bromure de méthyle, mais en même temps la chaîne latérale est attaquée ([2]).

» Aussi, pour simplifier, me suis-je proposé tout d'abord d'obtenir la propylpyrocatéchine, dont la chaîne latérale saturée est stable vis-à-vis des agents de déméthylation.

» Je l'ai préparée par deux méthodes absolument distinctes : 1° en partant de l'eugénol; 2° en partant du safrol.

» I. *Propylpyrocatéchine par l'eugénol.* — On méthyle d'abord l'eugénol, ce qui donne l'allylvératrol

$$CH^2 = CH - \underset{(1)}{CH^2} - C^6H^3 \begin{cases} OCH^3 & (3) \\ OCH^3 & (4) \end{cases}$$

comme ce composé fixe difficilement l'hydrogène naissant, tandis que son isomère le propénylvératrol

$$CH^3 - CH = \underset{(1)}{CH} - C^6H^3 \begin{cases} OCH^3 & (3) \\ OCH^3 & (4) \end{cases}$$

se laisse hydrogéner facilement ([3]); on le transforme en propénylvératrol par la potasse alcoolique à l'ébullition.

» L'hydrogénation du propénylvératrol s'effectue par le sodium et l'alcool absolu bouillant; elle fournit le propylvératrol

$$CH^3 - CH^2 - \underset{(1)}{CH^2} - C^6H^3 \begin{cases} OCH^3 & (3) \\ OCH^3 & (4) \end{cases}.$$

([1]) *Comptes rendus*, t. CXXI, p. 721.

([2]) Ch. Moureu, *Dict. de Wurtz*, 2e Supplément, t. III, p. 669.

([3]) Ciamician et Silber : *Berichte der deutschen chem. Gesell.*, t. XXIII, p. 1162.

En enlevant ensuite les deux groupements méthyle à ce composé au moyen de l'acide iodhydrique, on obtient la propylpyrocatéchine.

» Le nouveau corps passe à la distillation entre 175° et 180° ($H = 30^{mm}$) et cristallise spontanément par le repos; purifié par cristallisation dans la ligroïne légère, il fond à 60°. L'analyse élémentaire lui assigne la formule $C^9H^{12}O^2$.

» II. *Propylpyrocatéchine par le safrol.* — Le safrol est l'allylméthylènepyrocatéchine, et sa formule de constitution est la suivante

$$CH^2 = CH - \underset{(1)}{CH^2} - C^6H^3 \begin{matrix} \diagup O \diagdown \\ \diagdown O \diagup \end{matrix} CH^2 \quad (3.4).$$

» Par analogie avec ce qui arrive dans le cas de l'eugénol, l'isosafrol, composé propénylique

$$CH^3 - CH = \underset{(1)}{CH} - C^6H^3 \begin{matrix} \diagup O \diagdown \\ \diagdown O \diagup \end{matrix} CH^2$$

s'hydrogène beaucoup plus facilement que le safrol. On effectue donc d'abord la transformation du safrol en isosafrol au moyen de la potasse alcoolique, puis on opère l'hydrogénation de la chaîne latérale par le sodium et l'alcool absolu.

» Ici la réaction se complique un peu; car, outre la propylméthylènepyrocatéchine

$$CH^3 - CH^2 - CH^2 - C^6H^3 \begin{matrix} \diagup O \diagdown \\ \diagdown O \diagup \end{matrix} CH^2,$$

qui était le but de l'opération, il se fait un propylphénol : $C^3H^7 - C^6H^4 - OH$ [1].

» La propylméthylènepyrocatéchine obtenue, traitée par le perchlorure de phosphore, donne un composé dichloré instable $\left(\begin{matrix} -O \\ -O \end{matrix} \rangle C\,Cl^2 \right)$, qui se décompose en présence de l'eau à l'ébullition, et fournit ainsi un diphénol identique à celui qui provient de l'eugénol.

» La propylpyrocatéchine, blanche quand elle est récemment préparée, se colore peu à peu en rouge brun avec le temps. Son odeur est faible et agréable. Elle fond à 60°.

» Elle est peu soluble dans l'eau, très soluble dans l'alcool, l'éther, le chloroforme, le sulfure de carbone, et la plupart des dissolvants organiques.

» Sa solution aqueuse fournit avec le perchlorure de fer une coloration bleu verdâtre, qui passe au rouge vineux par le carbonate de soude.

» Le nitrate d'argent ammoniacal est réduit immédiatement et à froid par la propylpyrocatéchine. »

---

[1] CIAMICIAN et SILBER, *Berichte der deutsch. chem. Gesell.*, t. XXIII, p. 1162.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la diazotation de la safranine.* Note de M. GEORGE-F. JAUBERT.

« Il n'est pas établi à l'heure actuelle, d'une manière définitive, si la safranine donne seulement un dérivé *monodiazoïque*. Quoi qu'il en soit, la diazotation de la safranine possède une réelle importance, car, si la safranine ne donnait qu'un dérivé monodiazoïque, la formule de cette matière colorante serait incontestablement celle d'un dérivé paraquinoïde.

» Dans le but de résoudre ce problème, j'ai entrepris une série d'essais portant sur la diazotation de solutions de safranine : il en résulte que la safranine du commerce, diazotée *dans les conditions usuelles de la diazotation,* ne donne qu'un dérivé monodiazoïque et par cela même possède la formule paraquinoïde. Il est vrai que cette même safranine, dans des conditions de diazotation particulières et que je qualifierai de brutales, donne un dérivé bisdiazoïque; mais, dans ce dernier cas, ce n'est plus à de la safranine que l'on a affaire. Il est donc indispensable, avant d'entrer dans le détail de ces essais, de définir exactement ce que l'on entend sous le nom de *safranine.*

» Est-ce la base de cette matière colorante, ou ses sels rouges, bleus ou verts?

» D'après R. Nietzki (*Chemie der organischen Farbstoffe*, 2e édition, p. 203), la safranine donne trois séries de sels :

» Les monacides sont rouges comme la base et très stables, les diacides bleus et les triacides verts. Ces deux derniers sels sont décomposés par l'eau. Les sels verts (triacides) n'existent qu'en présence d'acide sulfurique concentré ou d'acide chlorhydrique très concentré.

» Il est donc bien évident, d'après cette définition, que, de ces trois sels, le premier *et seulement celui-là,* c'est-à-dire le sel rouge, se dissolvant dans l'eau en rouge sans décomposition, teignant le coton mordancé au tannin en rouge et qui est employé sur une grande échelle dans l'industrie de la teinture, ce sel dis-je est le seul auquel s'applique le nom de *safranine.* Donc, si l'on parle de la constitution de la safranine, c'est la constitution de ce sel que l'on envisage.

» Ce point établi, je vais démontrer que le sel rouge (monoacide) et le sel bleu (diacide) possèdent la même constitution paraquinoïde, différant

entre eux par une simple molécule d'acide, tandis que le sel vert (triacide) de la safranine répond à la structure orthoquinoïde et n'est autre chose qu'une base azonium.

» *Partie expérimentale.* — Le chlorhydrate de phénosafranine cristallisé du commerce, produit avec lequel j'ai effectué ces essais, m'a donné à l'analyse les résultats suivants.

» Calculé pour $C^{18}H^{15}Az^{4}Cl$:

		Trouvé.		
C	66,97	66,35	»	»
H	4,85	»	»	»
Az	17,36	»	16,85	»
Cl	11,00	»	»	11,35

» I. J'ai dissous 5^{gr} de ce produit cristallisé dans 950^{cc} d'eau distillée et additionnée de 50^{cc} d'acide chlorhydrique étendu. La solution rouge obtenue a été divisée ensuite en 5 portions égales de 200^{cc} et chacune de ces parties, numérotée de 1 à 5. additionnée à froid avec 29^{cc}, 30^{cc}, 31^{cc}, 32^{cc} et 33^{cc} de solution de nitrite de soude $\frac{1}{10}$ normal. Le tableau suivant résume les résultats obtenus :

Numéro de l'expérience.	Quantité de solution de chlorhydrate de safranine à $\frac{5}{1000}$.	Quantité de nitrile $\frac{1}{10}$ normal, employée.	Couleur du papier à l'iodure d'amidon.
	cc	cc	
1	200	29	néant.
2	200	30	néant.
3	200	31	trace de coloration.
4	200	32	forte coloration.
5	200	33	très forte coloration.

» Il résulte de ces essais que 200^{cc} de solution, soit 1^{gr} de chlorhydrate de phénosafranine, exigent pour être diazotés 31^{cc} de nitrile de soude au dixième normal.

» Or, la quantité calculée pour une combinaison monodiazoïque est de... 31,007
et celle trouvée par l'expérience... 31,000

Différence... 0,007

» Il résulte de ces essais qu'une solution aqueuse et étendue de chlorhydrate de phénosafranine ne donne, dans les conditions ordinaires de la diazotation, qu'un dérivé monodiazoïque; c'est-à-dire que, dans ces conditions, la safranine présente toutes les réactions d'une véritable monamine, comme, par exemple, l'aniline. En d'autres termes, le sel rouge stable de la safranine, c'est-à-dire la seule substance qui réponde vraiment au nom de *safranine commerciale,* ne possède qu'un seul groupe amino et répond à la formule paraquinoïde.

» II. J'ai dissous 5^{gr} de chlorhydrate de phénosafranine purifié, dans une petite quantité d'eau distillée, puis j'ai ajouté de l'acide chlorhydrique pur et concentré, de façon à compléter à 1^{lit}. On obtient de cette façon une solution du sel diacide, d'un bleu pur, qui examinée au spectroscope ne laisse plus apercevoir le spectre caractéristique de la solution rouge de monochlorhydrate de phénosafranine.

» Cette solution bleue a été titrée dans les mêmes conditions que dans les essais mentionnés plus haut : le chiffre obtenu a été très voisin de 31^{cc} de nitrite de soude au dixième normal pour 1^{gr} de chlorhydrate de phénosafranine. Il en résulte, d'une façon évidente, que le sel bleu de phénosafranine ne possède qu'un seul groupe amino diazotable et que, lui aussi, répond à la formule paraquinoïde.

» III. J'ai dissous 5^{gr} de chlorhydrate de phénosafranine dans 1^{lit} d'acide chlorhydrique pur et concentré, puis, refroidissant avec un mélange réfrigérant, j'ai saturé cette solution avec du gaz chlorhydrique sec, de façon à obtenir la solution de sel vert de Nietzki. Cette solution verte, de même que la solution de phénosafranine dans l'acide sulfurique concentré, qui est beaucoup plus facile à préparer par dissolution du sulfate de phénosafranine dans l'acide sulfurique concentré, absorbe en effet une beaucoup plus grande quantité de nitrite que la solution bleue du sel diacide, ou rouge du sel monacide.

» La titration de cette solution sulfurique verte est assez difficile à exécuter, car le diazoïque formé se décompose facilement en donnant des dérivés de la safranone, qui n'ont été caractérisés du reste que par leur solution dichroïque dans l'acide sulfurique concentré. Néanmoins un grand nombre d'essais faits avec une solution assez concentrée de nitrite m'ont donné une moyenne correspondant à 60^{cc} environ de nitrite de soude $\frac{1}{10}$ normal par gramme de monochlorhydrate de phénosafranine, quantité qui correspond bien à un dérivé tétrazoïque.

» Il en résulte, d'une façon indubitable, que le sel vert triacide de phénosafranine répond à la structure orthoquinoïde d'une base azonium.

» L'étude de la diazotation des différents sels de la phénosafranine rend bien compte de la diversité de leur structure. »

BOTANIQUE. — *Des modifications apportées par une traction longitudinale dans la tige des végétaux* (¹). Note de M. **Thouvenin**, présentée par M. Gaston Bonnier.

« Je me suis proposé de rechercher quelles modifications de structure peuvent se produire dans les tiges, lorsqu'on les soumet, dans le sens longitudinal, à une traction modérée. Les expériences ont été faites sur un certain nombre d'individus appartenant à l'espèce *Zinnia elegans*.

(¹) Ces recherches ont été faites à l'Institut botanique de l'Université de Besançon.

» Des graines de cette espèce, autant que possible de même volume et même aspect, ont été semées. Quelques jours après la germination, alors que les jeunes plantes ne montraient encore que l'axe hypocotylé et les cotylédons, toutes celles qui avaient le même développement ont été choisies, puis divisées en deux lots, celui des plantes témoins et celui des plantes à expérimenter.

» Au-dessus de chaque individu de ce dernier lot a été suspendue une poulie sur laquelle s'enroulait un fil dont l'une des extrémités était attachée à la tige au moyen d'une agrafe, toujours le plus près possible de son sommet, tandis qu'à l'autre extrémité étaient accrochés de petits disques de plomb. Ces disques étaient tout d'abord en petit nombre et leur poids total n'atteignait que 5gr à 6gr, mais à mesure que s'accroissait la plante le nombre en a été augmenté; la traction à la fin des expériences était produite par un poids variant, selon les individus, entre 43gr, 39gr et 36gr. Dans ces premières recherches, la traction exercée sur la tige n'a donc été que très modérée.

» Huit jours après l'épanouissement des fleurs qui forment le capitule terminant la tige, chaque plante a été mise dans l'alcool pour être, ensuite, étudiée.

» Nous ne décrirons ici que les modifications apportées par la traction dans la structure interne de la tige, tout ce qui concerne la morphologie externe étant, pour le moment du moins, laissé de côté.

» Les observations qui suivent ont été faites sur des coupes pratiquées dans le milieu du deuxième entre-nœud. A ce niveau, il est à remarquer que toutes les tiges expérimentées avaient un diamètre plus grand que les tiges témoins.

» Le péricycle, devant les faisceaux, montre, dans les tiges témoins, de petits îlots de cellules à parois épaisses et lignifiées; dans les tiges expérimentées on retrouve encore ces îlots scléreux mais sensiblement diminués. Les vaisseaux ont un diamètre un peu plus considérable dans les tiges soumises à la traction que dans celles qui se sont développées naturellement. Les parois des cellules des rayons médullaires sont minces et lignifiées dans les tiges témoins, minces et non lignifiées dans les tiges expérimentées.

» Les faisceaux libéro-ligneux sont moins larges dans les tiges sur lesquelles une traction a été exercée que dans les autres. C'est l'inverse pour les rayons médullaires : dans les premières tiges ils sont plus larges que dans les secondes. Cela vient surtout de ce que dans les tiges témoins le méristème interfasciculaire a déjà produit, de chaque côté des faisceaux, du bois et du liber, élargissant ainsi les faisceaux aux dépens des rayons médullaires, alors que dans les tiges expérimentées, du même âge cependant, ces nouvelles formations libéro-ligneuses ne sont encore qu'à l'état d'ébauches ou même n'ont pas encore commencé à se former.

» Il est bien entendu que ces observations n'ont de valeur que si l'on

s'adresse à des tiges de l'âge de celles dont l'examen vient d'être fait. Ces tiges, en effet, quand elles ont été étudiées, n'avaient pas encore atteint leur diamètre définitif, n'avaient pas encore développé leurs rameaux et de nouveaux faisceaux, issus du méristème interfasciculaire, devaient encore se former entre les faisceaux existant au moment où la plante a été étudiée.

» Les différences qui viennent d'être constatées entre les tiges témoins et les tiges expérimentées persisteront-elles dans les tiges ayant atteint leur complet développement? C'est ce qui sera examiné.

» Dans tous les cas, dès à présent, on peut conclure, pour ce qui concerne la tige du *Zinnia elegans,* qu'une traction modérée amène une diminution du stéréome péricyclique et retarde le développement des faisceaux libéro-ligneux secondaires. »

BOTANIQUE. — *Variation dans les caractères des races de Haricots sous l'influence du greffage*. Note de M. **Lucien Daniel**, présentée par M. Gaston Bonnier.

« Dans une précédente Communication, j'ai déjà entretenu l'Académie des résultats que j'ai obtenus à la suite de la greffe ordinaire et de la greffe mixte du Haricot noir de Belgique et du Haricot de Soissons gros.

» Je signalais, dans ma Note, deux catégories de variations : les premières provenaient d'un changement de nutrition générale consécutif à l'opération (diminution de taille, diminution du volume de la graine); les secondes étaient dues à une réaction mutuelle du sujet et du greffon (augmentation du parchemin et changement de saveur du fruit, modification de l'inflorescence, panachure de la fleur). Ces deux sortes de variations avaient pour résultat de *détruire en partie l'équilibre momentané des caractères de la race* et *d'amener ainsi un état d'équilibre nouveau constituant une variété nouvelle*.

» Quand il s'agit de plantes vivaces, de telles variations peuvent se conserver par les divers procédés naturels ou artificiels de multiplication (reproduction agame, marcottage, bouturage ou greffe), mais dans les Haricots, qui sont des plantes annuelles, les variétés obtenues sont destinées à disparaître si les qualités acquises par la greffe ne sont pas transmissibles par graine. J'ai donc cherché si ces variations sont héréditaires, et dans quelle mesure, suivant le procédé de greffage employé.

» 1. *Greffe ordinaire.* — J'ai fait trois lots des graines récoltées sur le Haricot noir de Belgique greffé sur le Haricot de Soissons : le premier contenait les graines les plus grosses; le second, les graines moyennes; le troisième, les graines les plus petites. Un quatrième lot était formé par les graines des témoins non greffés et *j'ai semé comparativement le tout dans des conditions identiques.* Tandis que les jeunes semis provenant des témoins conservaient intacts les caractères de la race, les descendants des Haricots greffés présentaient une variation très marquée, et au milieu de pieds normaux comme taille et comme graine se voyaient des pieds plus nains à graines petites. La variation était marquée surtout dans les Haricots issus des graines les plus petites; elle était moins marquée pour le premier lot et, dans les Haricots provenant des graines moyennes, elle était intermédiaire entre celles du premier lot et du troisième lot.

» J'ai fait une nouvelle sélection. J'ai choisi les graines les plus grosses dans les plus beaux pieds issus des graines du lot n° 1, et les plus petites graines dans les pieds les plus nains issus des graines du lot n° 3. J'ai obtenu une variation moins accentuée que dans le premier cas, c'est-à-dire que l'hérédité des caractères sélectionnés a été plus grande. Finalement, au bout de quatre générations, les plantes provenant des grosses graines avaient repris les caractères typiques de la variété qui a fourni le greffon, c'est-à-dire du Haricot noir de Belgique. D'autre part, les plantes provenant des petites graines ont produit une race plus naine, à gousses étroites, à graines très petites; *une variété naine avait donc été formée.*

» 2. *Greffe mixte.* — Les variations de taille étant moins accusées à la suite de la greffe mixte, je me suis contenté de semer les graines du greffon sans les sélectionner comme précédemment.. A la première génération, j'ai constaté une perte assez sensible des caractères concernant la saveur mixte du fruit et l'apparition du parchemin dans le fruit du greffon. Les modifications de l'inflorescence ont été peu marquées et la panachure de la fleur ne s'est point transmise.

» A la deuxième génération, j'ai observé de curieuses variations qui ne s'étaient point manifestées dans la première. Elles sont cependant des conséquences de la greffe, car j'avais pris les précautions nécessaires pour empêcher le métissage sexuel, à la suite d'une fécondation croisée, dans les échantillons que je conservais pour en étudier la descendance. Un certain nombre de pieds sont devenus *remontants*, c'est-à-dire qu'au lieu de se dessécher au mois d'août, après une fructification complète, ils se sont maintenus verts et ont présenté depuis août, à la fois, sur le même pied, des gousses mûres, des gousses vertes, des fleurs et des commencements d'inflorescences. Seule, une forte gelée, survenue vers le 15 novembre, les a fait périr en plein rapport. Trois pieds ont présenté des graines marbrées. Les deux premiers étaient en tout semblables au Haricot noir de Belgique, sauf que, dans l'un, les graines étaient marbrées de violet noir et de gris; dans l'autre, marbrées de bronze sale et de gris. Le troisième pied a donné une plante de $4^{m},50$ de hauteur, à fleurs nombreuses disposées sur de longues inflorescences; ces fleurs étaient rouge carmin. Le fruit, moins arqué et plus petit que celui du Haricot de Soissons, était parcheminé comme ce dernier; il contenait des graines de tailles assez variées dont la forme rappelait à la fois les graines du Haricot de Soissons et celles du Haricot noir. Elles étaient régulièrement marbrées de violet noir et de gris sale. En un mot, la plante nouvelle présentait les plus grandes ressemblances avec le Haricot d'Espagne (*Phaseolus multiflorus*), qui

est considéré comme une espèce distincte du Haricot vulgaire (*Phaseolus vulgaris*), espèce dans laquelle rentrent le Haricot de Soissons et le Haricot de Belgique. De plus, ce Haricot nouveau s'est montré très tardif; ses premiers fruits ont mûri fin septembre, c'est-à-dire longtemps après l'époque de maturité des fruits du sujet, plus tardif lui-même que le greffon.

» Or, si quelques-unes des variations présentées par ce Haricot nouveau peuvent être attribuées à une influence indirecte du sujet sur la postérité du greffon (différence de précocité, augmentation de taille, changements du fruit et de la graine), il y en a d'autres où l'on constate l'apparition de caractères qui n'appartiennent ni au sujet ni au greffon (propriété de remonter, changement de couleur de la fleur) et qui montrent que la greffe est une cause de variations difficiles à expliquer.

» En résumé, on peut conclure de ces expériences que :

» 1° La greffe entre races produit dans la descendance des Haricots trois catégories de variations, se manifestant à la suite d'une ou de plusieurs générations : *a*. *Elle accentue le nanisme et permet d'obtenir des variétés plus naines; b. Elle amène un mélange plus ou moins complet des caractères des races associées; c. Elle peut provoquer la production, soit d'une variété remontante, soit d'une variété analogue à une race déjà existante;*

» 2° Si l'on compare maintenant ces résultats avec ceux que m'a fournis l'étude de la descendance des greffons dans les Choux, les Navets, les Carottes, les Alliaires et les arbres fruitiers, on peut dire que *la greffe amène toujours une variation dans cette descendance. Cette variation est moins marquée dans les espèces sauvages que l'on greffe entre elles, plus accentuée dans les plantes cultivées.* »

PHYSIOLOGIE ANIMALE. — *Le travail des centres nerveux spinaux* (1). Note de Mlle **J. Joteyko**, présentée par M. Marey.

« Dans l'analyse des processus qui se déroulent dans les centres nerveux spinaux, on peut prendre pour mesure de leur activité le résultat de l'irritation névro-réflexe, c'est-à-dire la contraction musculaire consécutive à l'irritation du nerf sciatique du côté opposé. Mais en opérant dans ces conditions, nous observons en peu de temps des phénomènes de fatigue, sans qu'il soit possible de reconnaître à quel élément, terminaisons nerveuses intra-musculaires ou centres médullaires, ces effets de fatigue doivent être attribués. Le tronc nerveux étant pratiquement infatigable,

(1) Travail de l'Institut Solvay de Bruxelles.

sa résistance à la fatigue n'entre pas en ligne de compte dans cette appréciation.

» Il faudrait pouvoir arrêter momentanément dans un nerf sciatique (N') l'influx nerveux engendré par l'irritation de l'autre nerf (N) et qui s'est propagé à travers les centres réflecteurs de la moelle. La transmission nerveuse, arrêtée dans le nerf N', ne se propagerait plus au muscle correspondant (M'), qui resterait au repos pendant tout le temps de l'excitation de la moelle par l'intermédiaire du nerf N. Au moment de la levée de l'obstacle à la transmission, le muscle M' servirait de réactif à l'activité conservée ou éteinte de la moelle, et, d'après le temps que durerait son excitation, on serait en droit de juger du travail qu'elle est en état de fournir.

» Deux méthodes peuvent être appliquées à cette recherche. Dans la première, qui est une modification de la méthode que Bernstein et Wedenskü appliquèrent à l'étude de la fatigue du tronc nerveux, l'obstacle à la transmission est constitué par le passage d'un courant continu fort à travers une petite portion du nerf. D'après mes expériences, le passage pendant dix minutes, à travers un tronçon du nerf sciatique de grenouille, d'un courant continu de 0,20 de milliampère (électrodes impolarisables), changeant de sens toute les minutes et s'affaiblissant au cours de l'expérience jusqu'à 0,15 de milliampère, laisse intacte l'excitabilité du nerf dans tout son parcours, après l'ouverture définitive du courant continu. C'est l'intensité minimum de courant qui soit capable de produire, lors de son passage, un anélectrotonus complet.

» Le nerf sciatique N étant excité, le muscle M se tétanise; l'influx nerveux engendré par cette excitation se propage en outre dans la direction des centres, traverse l'appareil réflecteur de la moelle et, après avoir parcouru un certain trajet du nerf N', est arrêté vers le milieu de ce nerf, grâce à l'établissement de l'anélectrotonus. Quand le tétanos du muscle M prend fin, tout en maintenant l'excitation tétanisante du nerf N, on ouvre le courant continu établi sur le nerf N', et l'on voit immédiatement le muscle M' entrer en tétanos. Or, comme pendant tout ce temps la moelle n'a cessé d'être excitée, nous en concluons qu'elle est au moins *deux fois plus résistante à la fatigue* que les organes terminaux, car elle a été en mesure de fournir un travail double en réponse à la même excitation (1).

---

(1) Voir pour la technique mon Mémoire : *Recherches expérimentales sur la résistance des centres nerveux médullaires à la fatigue* (*Annales des Sciences de Bruxelles*, fasc. IV, 1899).

» La seconde méthode consiste à produire la section physiologique au moyen de l'éthérisation d'une portion limitée du nerf; l'éthérisation arrête presque instantanément la conductibilité au point éthérisé; et, lorsque l'éther s'est dissipé, la conductibilité revient. Les expériences avec l'éther ayant pu être prolongées ont montré que *la moelle pouvait être excitée pendant un temps quatre fois plus long que le muscle,* sans qu'on pût déceler aucun signe de fatigue.

» Des résultats absolument semblables ont été obtenus dans le cas où la moelle a été excitée, non pas par l'intermédiaire du nerf, mais par application directe des électrodes.

» Ces expériences plaident en faveur d'une grande résistance des centres nerveux spéciaux, et montrent qu'ils sont en état de fournir sans fatigue un travail au moins quatre fois plus considérable que les appareils terminaux.

» Enfin, j'ai jugé intéressant de calculer la somme de travail que peut fournir la moelle légèrement strychnisée (phase d'excitabilité augmentée, pas de convulsions), et je l'ai trouvée au moins *cent* fois plus considérable que celle que fournit le muscle. Il serait intéressant de s'assurer, par le procédé de G. Weiss, si, dans le cas de strychnisme de la moelle, les phénomènes chimiques liés à l'acte réflexe deviennent plus intenses qu'à l'état normal. »

PHYSIOLOGIE. — *Nouvelle méthode pour mesurer la sensibilité tactile de pression des surfaces cutanées et muqueuses* [1]. Note de MM. **Ed. Toulouse** et **N. Vaschide**, présentée par M. Marey.

« Le tact nous renseigne sur le poids et la forme des objets. Ce mode de sensibilité est particulièrement développé sur la peau et sur les muqueuses, dans leurs parties externes ou dans les régions situées à l'entrée des cavités. Une condition générale pour que les objets soient perçus est qu'ils doivent atteindre un certain poids, au-dessous duquel ils n'éveillent aucune sensation.

» C'est pour cela que la sensibilité au contact s'appelle encore et plus justement *sensibilité de pression.* La quantité (poids des objets) se prête d'ailleurs à une mesure plus exacte que la qualité (forme).

(1) Travail du laboratoire de M. Toulouse, à l'Asile de Villejuif.

» Les esthésiomètres sont généralement des corps permettant d'exercer des pressions qui, d'abord imperceptibles, croissent progressivement. Une première difficulté tient à la nécessité d'explorer des points et non des surfaces de la peau, qui en des endroits très voisins n'a pas la même sensibilité. Aussi peut-on critiquer pour cette raison les esthésiomètres qui ne remplissent pas cette condition [1].

» Une autre difficulté tient à la mesure même de la pression réellement exercée [2], étant donné que les corps à employer doivent être pointus et déterminer des pressions commençant au-dessous de 1^{mgr}. Frey a construit un esthésiomètre qui consiste en un cheveu, avec l'extrémité duquel on peut exercer des pressions d'autant plus fortes que son diamètre est plus grand et sa longueur plus petite. On a mesuré empiriquement la force de pression correspondant à chaque longueur du cheveu. Mais la résistance de ce dernier étant en rapport avec le degré hygrométrique de l'air, cet appareil ne constitue pas un étalon fixe. D'autre part, on peut obtenir des pressions de grandeurs différentes avec la même longueur de cheveu, selon que l'on arrête ou non la pression au moment où le cheveu plie; et, en pratique, il est difficile d'apprécier rigoureusement ce moment. L'esthésiomètre de Bloch, construit sur un principe analogue, est passible de cette seconde critique, outre qu'il exerce son action sur des surfaces.

» Le principe de notre esthésiomètre est de mesurer le mode de sensibilité avec des corps pointus et rigides qui n'exercent qu'une pression égale à leur propre poids.

» Pour cela, nous avons choisi des aiguilles en acier trempé ayant toutes une pointe en acier sensiblement égale à $\frac{5}{100}$ de millimètre et dont les poids différents sont donnés par le diamètre et la longueur. Ces aiguilles, dont la tête est en aluminium, traversent un trou percé dans une petite bande d'aluminium et plus grand que leur diamètre. Lorsqu'on dépose, *sans vitesse appréciable*, la pointe d'une aiguille tenue verticalement sur un point cutané et que l'on abaisse la plaque d'aluminium jusqu'à ce que l'aiguille soit maintenue dans son milieu, cette dernière n'exerce qu'une pression égale à son poids, ou sensiblement égale à son poids, puisque la vitesse de chute de l'aiguille tend à être nulle.

---

(1) Poids d'Aubert et Kammler, tubes élastiques à eau de Goltz et Bastelberger, balance (baresthésiomètre) d'Eulenburg, balance de pression à mercure de Landois, appareil à ressort et appareil à vent de Frey, esthésiomètre de Bloch, balance de Stratton, etc.

(2) Appareil à levier de Frey, balance de Dohrn; aiguille esthésiométrique de Beaunis, mécanico-esthésiométrique de Koubine, etc.

» Les aiguilles sont divisées en trois séries. Dans la première, elles croissent de 0gr,0005, en partant de 0gr,0005, jusqu'à 0gr,01; dans la deuxième, elles croissent par centigrammes, de 0gr,01 à 0gr,10 et, dans la troisième, elles croissent par décigrammes, de 0gr,1 jusqu'à 1gr. Pour les cas pathologiques, nous employons des aiguilles présentant des poids supérieurs. Avec ces aiguilles, la pression est facilement mesurée. On peut explorer la plupart des parties du corps, et la mesure ne porte que sur des points très limités. Cette dernière condition est très importante. Une goutte d'eau d'une température voisine de celle de la peau et pesant 0gr,10 n'exerce aucune sensation de tact, c'est-à-dire de pression, alors qu'une aiguille de 0gr,002 est perçue. C'est que les pressions de 0gr,10 de la goutte d'eau se répartissent sur une surface de 2mmq environ, laquelle est beaucoup plus grande que celle occupée par l'aiguille dont la pointe a $\frac{5}{100}$ de millimètre.

» Nous avons construit des esthésiomètres doubles, consistant en deux aiguilles traversant, à des distances variables, la lame d'aluminium et permettant de mesurer, ce qu'il est impossible de faire avec le compas ordinaire de Weber, la pression exercée par les pointes en même temps que leur écartement. »

MÉDECINE. — *A propos de l'alternance physiologique des reins* [1]. Note de MM. E. **Bardier** et H. **Frenkel**, présentée par M. d'Arsonval.

« Au cours de nos recherches sur la sécrétion urinaire, nous avons été amenés à nous demander si la notion signalée dans certains classiques au sujet de l'alternance physiologique des reins était un fait constant ou tout au moins très fréquent.

» Voici comment s'exprime Ludwig [2] :

» Si l'on met à nu simultanément les deux uretères et si l'on recueille l'urine de chaque rein séparément, l'on voit, tantôt à droite et tantôt à gauche, s'écouler plus de liquide; cependant le sang qui passe par les deux glandes a ici la même composition, etc.

» Goll, Herrmann, Grutzner ont rapporté des faits de ce genre de nature à justifier l'affirmation que nous trouvons par exemple dans Landois [3], savoir :

» Que la sécrétion des deux reins n'est jamais symétrique et qu'il y a alternance dans l'hyperémie et dans l'activité de ces deux organes;

---

(1) Travail du Laboratoire de Physiologie de la Faculté de Médecine de Toulouse.
(2) Ludwig, *Lehrbuch der Physiologie*, t. II, p. 411; 1861.
(3) Landois, *Traité de Physiologie*, traduction de Moquin-Tandon, p. 504; 1893.

» Ou, dans Fredericq (¹), que

» Les périodes d'activité d'un rein coïncideraient avec le repos relatif de l'autre rein et *vice versa*.

» On peut étudier cette question en comparant les tracés oncographiques des deux reins, ou bien en comparant l'écoulement urinaire des deux uretères. Nous n'avons pas, il est vrai, comparé le volume des deux reins, mais nous avons en revanche pris un grand nombre de tracés oncographiques d'un seul rein pendant une à deux heures environ. Jamais nous n'avons vu d'oscillations spontanées dans le volume de ce rein qui auraient pu faire croire à une alternance vaso-motrice. Les expériences de Cohnheim et Roy (²) tendant à montrer la possibilité d'une indépendance fonctionnelle des deux reins sont complètement muettes en ce qui concerne une véritable alternance.

» Nous nous sommes attachés tout particulièrement à comparer le débit des deux reins après avoir placé des canules dans les uretères. Nous avons opéré sur des chiens choralosés, et, pour éviter toute cause d'erreur dans l'observation, on enregistrait les gouttes d'urine qui s'écoulaient des conduits uretéraux.

» Sur un grand nombre d'expériences faites à ce point de vue, nous avons pu retenir un seul cas qui aurait pu faire croire, non pas à une alternance vraie dans l'activité des deux reins, mais à un écoulement inégal d'urine d'un côté, le débit de l'autre rein restant sensiblement égal. Nous croyons pouvoir expliquer ce cas par l'existence, au niveau d'un uretère, d'un obstacle mécanique qui a eu pour résultat un écoulement irrégulier et par à-coups. Dans les expériences de Herrmann et de Grutzner où l'écoulement de l'urine était plus considérable tantôt d'un côté, tantôt de l'autre, il devait s'agir également d'obstacles mécaniques de cette nature, bien que ces auteurs, qui ont perfectionné la technique de la récolte de l'urine dans les uretères, aient pris toutes les précautions possibles pour éviter de tels accidents. Nous savons, en effet, par expérience, combien il est difficile d'obtenir un écoulement normal de l'urine après fistule uretérale. Nous avons vu trop souvent l'influence des coutures, torsion et brides sur l'écoulement de l'urine pour ne pas nous mettre en garde contre une fausse inter-

(¹) L. Fredericq et J.-P. Nuel, *Éléments de Physiologie* (2ᵉ éd.), p. 273; 1888. (3ᵉ éd.); 1899.

(²) J. Cohnheim und Ch.-S. Roy, *Virchow's Archiv*, t. XCII, p. 446; 1883.

prétation. Or, toutes les fois que l'écoulement urinaire s'effectuait normalement, nous obtenions un débit régulier, sans saccade et sans à-coups, et jamais nous n'avons vu l'ombre d'une alternance. Tout au plus, lorsque la sécrétion rénale devenait très active, au point de distendre les uretères, remarquait-on un rythme particulier qui se manifestait par la chute de trois à quatre gouttes à la fois. Quelques secondes après s'écoulait de nouveau, sous la même forme, une égale quantité d'urine, et ainsi de suite.

» Pour l'instant, nous nous bornons à constater :

» 1° Qu'en fait, l'écoulement d'une plus grande quantité d'urine tantôt d'un côté, tantôt de l'autre, est d'observation rare et loin d'être constante;

» 2° Que l'interprétation des faits consignés par Herrmann, Grutzner, etc., doit être cherchée du côté des uretères;

» 3° Qu'en ce qui concerne les phases de vaso-dilatation et de vaso-constriction qui donneraient corps à la théorie de l'alternance physiologique des reins, nos observations faites sur un rein ne nous autorisent pas à en accepter la réalité;

» 4° Nous concluons donc qu'il n'existe pas d'alternance physiologique des reins, ni au point de vue des phénomènes vaso-moteurs, ni au point de vue de l'écoulement urinaire. »

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Le glycogène hépatique pendant la grossesse.* Note de MM. **A. Charrin** et **A. Guillemonat**, présentée par M. d'Arsonval [1].

« L'élaboration des hydrates de carbone, au cours de la grossesse, offre une série d'anomalies; on sait, en particulier, depuis longtemps, avec quelle fréquence on observe la glycosurie; nous avons même récemment montré quel est le mécanisme qui préside à la genèse de cet accident; nous avons prouvé qu'en dehors de l'action possible du foie on devait, tout au moins pour une part, incriminer l'insuffisance de consommation du glycose.

» L'analyse de ces processus nous a amenés à examiner la teneur du foie en glycogène, substance dont l'importance, au point de vue du développement plus encore du fonctionnement des tissus, apparaît de jour en jour plus considérable.

» Les dosages ont porté, en premier lieu, sur six séries comprenant huit cobayes

[1] Travail du laboratoire de Médecine expérimentale des hautes études.

pleines et sept non pleines, soumises les unes et les autres, dans le but d'atténuer les variations attribuables aux aliments, à un jeûne de vingt-quatre à quarante-huit heures. — Dans ces séries, cinq fois le glycogène, pour 100 de foie, a été plus abondant chez les femelles gravides; trois fois nous avons constaté une proportion inverse.

» Ces analyses ont, en outre, porté sur six autres séries formées de neuf cobayes grosses et six normales, recevant chaque jour les mêmes aliments et, de plus, 1gr à 3gr de glycose en injections sous-cutanées. — Dans ces cas, on a sans cesse trouvé plus de glycogène chez les pleines, avec des écarts atteignant parfois plus du quadruple des quantités décelées chez les saines.

» La glycosurie présente également d'intéressantes oscillations. — Dans quatre séries sur six on a, en effet, rencontré dans les urines plus de sucre, par litre, chez les femelles en gestation; une fois, il y a eu égalité, et, dans une seule de ces séries, ce sucre prédominait chez les cobayes normales.

» Les Tableaux annexés indiquent les détails des résultats.

Glycogène des cobayes soumises au jeûne (1).

Séries.	Pleines. G. total.	Pleines. G. pour 100.	Non pleines. G. total.	Non pleines. G. pour 100.	Rapport du glycogène pour 100.
	gr	gr	gr	gr	
1..........	0,617	3,09	0,0345	0,17	18 (exception)
2..........	0,0455	0,25	0,100	0,38	0,65
	0,0421	0,19	»	»	0,50
3..........	0,0975	0,48	0,050	0,29	1,65
4..........	0,0075	0,038	0,015	0,11	0,34
	0,016	0,096	0,0134	0,07	1,37
5..........	0,0887	0,39	0,0802	0,38	1,02
6..........	0,0534	0,32	0,0245	0,16	2

» Dans la dernière colonne du Tableau, les chiffres supérieurs à 1 sont en faveur des pleines.

» Pour le dosage on a, après dissolution du foie dans l'eau bouillante additionnée d'un peu de soude, précipité les albumines par l'acide trichloracétique; plus tard on a lavé à l'alcool et à l'éther le précipité alcoolique.

Glycogène des cobayes recevant du glycose en injections.

Séries.	Pleines. G. total.	Pleines. G. pour 100.	Non pleines. G. total.	Non pleines. G. pour 100.	Rapport du glycogène pour 100.
	gr	gr	gr	gr	
1.............	0,0109	0,05	0,0066	0,04	1,25
2.............	0,568	3,28	0,1045	0,72	4,55
	0,4167	1,46	»	»	2,02

(1) Le jeûne a agi dans le même sens chez tous les animaux; de plus sa durée a été trop courte pour détruire de grandes quantités de glycogène.

Séries.	Pleines. G. total.	G. pour 109.	Non pleines. G. total.	G. pour 100.	Rapport du glycogène pour 100.
	gr	gr	gr	gr	
3............	0,0338	0,19	0,0328	0,16	1,18
	0,1134	0,44	»	»	2,75
4............	1,6906	4,22	0,3234	1,02	4,13
5............	0,084	0,61	0,0657	0,33	1,84
6............	0,262	1,55	0,0350	0,17	9,11
	0,1019	0,39	»	»	2,29

» Nos recherches établissent donc que le glycogène augmente pendant la grossesse; en second lieu, cette augmentation suit jusqu'au terme une marche sensiblement croissante; en troisième lieu, si l'on fournit à l'organisme des générateurs de ce glycogène, en particulier du sucre, ces accroissements sont encore plus marqués, c'est-à-dire que les différences entre la teneur du foie des femelles pleines et celle de l'organe biliaire des non pleines s'accentuent rapidement; en quatrième lieu, les proportions de glycose éliminé par les urines sont plus considérables chez les cobayes gravides.

» Il semble donc que l'organisme consomme le glycose avec une activité inférieure à ce qu'elle doit être; les tissus ne paraissent demander au parenchyme hépatique que de bien minimes quantités de glycogène destiné à être utilisé à l'état de sucre; la nutrition se ralentit. Toutefois, il est probable que cet organisme, à l'heure de la lactation, saura détruire ces substances accumulées.

» Il n'en résulte pas moins un certain degré d'hyperglycémie et, pour le foie, un fonctionnement quelque peu anormal. Or, en dehors de l'intérêt de telles considérations au point de vue de la Physiologie pathologique générale, ces tares permettent de comprendre, en partie, comment l'économie du fait de la grossesse se trouve exposée à une série de maladies de différents ordres, les unes humorales, de nature chimique, les autres à réactions nerveuses, un bon nombre relevant de l'infection. »

M. L.-A. Levat adresse une Note intitulée : « Loi de formation de la somme des carrés des nombres de 1 à 10^n ».

M. Ch. Duprat adresse une Note relative à des météores lumineux qui

auraient été observés en plein jour, à Basse-Terre (Guadeloupe), le 16 décembre 1899.

A 4 heures et demie, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 5 heures et demie.

M. B.

ERRATA.

(Séance du 26 février 1900.)

Note de MM. *J. Héricourt et Charles Richet,* Du traitement de l'infection tuberculeuse par le plasma musculaire, ou zômothérapie :

Page 608, ligne 7, *au lieu de* 49^{gr} d'azote, *lisez* 4^{gr} d'azote.

COMPTES RENDUS
DES SÉANCES
DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 12 MARS 1900,

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE LÉVY.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Secrétaire perpétuel** annonce à l'Académie que le Tome CXXVIII des *Comptes rendus* (janvier-juillet 1899) est en distribution au Secrétariat.

*Notice sur les travaux d'*Eugène Beltrami; par M. **Maurice Lévy**.

« L'Académie des Sciences vient de perdre, à un âge peu avancé, car il est né le 16 novembre 1835, l'un de ses Correspondants les plus marquants et les plus sympathiques : Eugène Beltrami, Professeur du Cours de Physique mathématique à l'Université de Rome, Président de l'Académie royale *dei Lincei*, Associé étranger de la Société royale de Gœttingue, Correspondant de l'Académie de Berlin, de l'Académie de Liège, etc.

» Ses travaux sont nombreux et variés. Quelques-uns sont classiques, tous sont instructifs.

» Son gros œuvre porte naturellement sur les diverses branches de la Physique mathématique qu'il a successivement professée aux Universités de Pavie et de Rome : la théorie mathématique de l'élasticité, la théorie mathématique de l'électricité, l'Hydrodynamique et diverses questions de haute Mécanique.

» Mais il a cultivé, avec non moins de succès, la Géométrie et l'Analyse pures et, bien avant d'avoir été élu Correspondant dans la Section de Mécanique, il avait été présenté, pour ce titre, par la Section de Géométrie.

» De bonne heure, après Lobatschewski et Riemann, il s'est occupé des fondements de la Géométrie. Dès 1868 il a illustré les grandioses doctrines de ce dernier, en étudiant le problème relativement simple, mais très précis, de la Géométrie et de la Cinématique des espaces à courbure constante négative ou positive. En 1872, il a décrit et donné les propriétés de la surface de révolution qui sert de type à la pseudo-sphère. Ces études ont jeté une grande lumière sur les fondements de la Géométrie de notre propre espace tel qu'il nous est révélé par l'observation.

» On lui doit d'autres travaux de Géométrie. Il convient de citer son Mémoire sur la Géométrie des formes binaires cubiques, celui où il expose d'une façon personnelle et généralise les théorèmes de Feuerbach et de Steiner sur la conique des neuf points et enfin celui relatif à la représentation d'une surface sur un plan de manière que les lignes géodésiques soient représentées par des lignes droites.

» Un de ses beaux Mémoires remontant à 1869 est celui qui a pour titre : *Sur la théorie générale des paramètres différentiels* et sur lequel il est revenu à diverses reprises. Il y applique aux surfaces courbes la notion de ces deux invariants différentiels que Lamé a si utilement considérés dans une fonction d'un point de l'espace euclidien, sous le nom de *paramètres différentiels des deux premiers ordres*. Ils existent naturellement, en particulier, pour une fonction d'un point d'un plan. Beltrami a montré qu'ils subsistent, avec une complète analogie, pour une fonction d'un point d'une surface courbe, et cette conception a eu d'heureuses conséquences à la fois pour la Géométrie et l'Analyse.

» En Géométrie, elle a permis de présenter la théorie des surfaces sous un point de vue nouveau, très systématique et très élégant. En Analyse, elle a permis d'étendre à une surface courbe les procédés employés, dans le plan, pour l'étude d'une fonction d'une variable complexe et d'envi-

sager ainsi, sous un nouveau point de vue, les profondes conceptions de Riemann.

» Parmi les travaux de Beltrami sur la théorie mathématique de l'élasticité, je citerai un Mémoire où il montre qu'on peut obtenir les équations de l'élasticité en coordonnées curvilignes orthogonales par un procédé qui ne suppose pas le postulatum d'Euclide, qui s'appliquerait par conséquent à tout espace à trois dimensions susceptible d'être rapporté à trois familles de surfaces orthogonales.

» Dans un autre Travail, il considère un nouveau potentiel élastique qui permet d'obtenir les équations de l'élasticité en coordonnées générales par un procédé d'une remarquable simplicité. Dans d'autres Mémoires, se plaçant à un point de vue plus pratique, il étudie les conditions de résistance d'un corps, en ajoutant quelques considérations nouvelles à celles qui ont été développées par de Saint-Venant et Clebsch sur ce sujet.

» En Électricité, Beltrami, comme tous ceux qui se sont occupés de la matière, s'attache à approfondir les géniales conceptions de Maxwell. Le but que poursuit Maxwell est, comme on sait, de supprimer partout la notion des actions à distance pour ne faire intervenir qu'un milieu transmetteur. Quelle est la nature de ce milieu? C'est ce qu'on ne saura sans doute jamais complètement.

» Dans la première partie de son immortel « Treatise on Electricity and magnetism », le physicien-géomètre donne, chemin faisant, l'expression des six composantes de pressions qu'il faudrait supposer, dans le diélectrique regardé comme un milieu élastique, pour retrouver les tensions électrostatiques qui se produisent dans un champ ou sur les surfaces de séparation de plusieurs champs électriques. Mais le résultat n'est acceptable que si ces six pressions peuvent s'exprimer à l'aide des six éléments de la déformation élastique, lesquels ne comprennent que les dérivées partielles des trois composantes du déplacement élastique. Ceci exige certaines conditions de compatibilité. Il était très présumable que ces conditions ne se trouveraient pas remplies par les expressions de Maxwell. Mais la démonstration de ce fait exige une discussion très minutieuse et des calculs laborieux. Beltrami a fait cette discussion complète et il est arrivé au résultat négatif présumé. Il n'en conclut pas que l'on doive, *de plano*, rejeter la conception de Maxwell. Mais on peut affirmer qu'elle ne s'accorde pas avec un milieu doué de l'élasticité telle que nous la concevons.

» Mais ce n'est là qu'un incident en quelque sorte à côté de la doctrine de Maxwell; sa grande innovation réside dans les équations différentielles

par lesquelles il représente l'ensemble des phénomènes électrostatiques, électrodynamiques et électromagnétiques qui peuvent se produire dans l'Univers et auxquelles les découvertes de Herz semblent devoir donner une nouvelle créance. Maxwell les déduit, par divination plutôt que par démonstration, des équations hamiltoniennes de la Mécanique.

» Beltrami cherche à les établir à l'aide du principe de d'Alembert généralisé. Dans ce but, aux travaux virtuels des forces pondéro-motrices qui entrent dans l'expression de ce principe, il ajoute le travail des forces électromotrices, et au travail des forces d'inertie il ajoute celui des forces changées de sens résultant de la loi d'Ohm. Sa méthode, sans rien changer au fond des idées de Maxwell et sans modifier ce qu'il y a d'essentiel dans ses hypothèses, conduit plus rapidement au but. On retrouve là les qualités de clarté et d'élégance qui sont les caractéristiques du talent de Beltrami.

» Son Mémoire sur la Cinématique des fluides est un des plus beaux qu'il ait écrits. Il y donne, par une méthode uniforme, les propriétés des lignes de flux, des lignes tourbillonnaires. Il introduit systématiquement les surfaces tourbillonnaires considérées comme surfaces de séparation des parties tourbillonnaires et non tourbillonnaires d'un fluide en mouvement. Il illustre la théorie générale par l'étude d'un courant suivant les lignes de courbure d'un système de surfaces homofocales du second degré, ellipsoïdes et hyperboloïdes, et donne, à ce sujet, plusieurs théorèmes extrêmement intéressants en eux-mêmes et de nature à bien éclairer l'ensemble de la théorie.

» Il reprend aussi à sa manière le problème dynamique du mouvement d'un corps solide dans un fluide, en particulier celui d'une sphère, d'un ellipsoïde, d'un cylindre. Toutes ces questions, même celles qui sont déjà connues, sont traitées magistralement.

» Je ne voudrais pas abuser des instants de l'Académie. Je crois en avoir dit assez pour donner une idée de l'importance de l'œuvre de Beltrami. Je laisse de côté un grand nombre de Mémoires intéressants. Tous offrent de l'attrait et par l'élégance des méthodes employées et par la perfection de la forme que Beltrami ne néglige jamais.

» Leur lecture fait plus d'une fois penser à Lamé. Beltrami se rattache certainement à l'école de notre grand géomètre. Il s'y rattache par sa ferveur pour la Science, et par l'élévation du point de vue d'où il la contemple toujours.

» Sa mort est une perte véritable. Elle causera d'unanimes regrets, non

seulement en Italie, mais parmi les géomètres de tous les pays, chez ceux-là surtout qui aiment à la fois la Science pure et ses applications à la Physique mathématique en ce qu'elle a de plus moderne et de plus élevé.

» Mais, nulle part sa perte ne sera plus vivement ressentie qu'à l'Académie des Sciences, plus particulièrement dans la Section de Mécanique, qui s'honore d'avoir compté, parmi ses Correspondants, ce géomètre qui, à un beau talent, joignait une grande modestie. »

BOTANIQUE. — *Sur l'appareil sexuel et la double fécondation chez les Tulipes,* par M. L. **Guignard**.

« Depuis la Communication dans laquelle j'ai décrit, au commencement de l'année dernière ([1]), le phénomène de la double fécondation dans le genre *Lilium*, j'ai complété et étendu les recherches que j'avais entreprises sur d'autres Angiospermes. Une Note publiée à l'occasion du cinquantenaire de la Société de Biologie ([2]) renferme la description succincte du même phénomène dans l'*Endymion nutans* ou Jacinthe des bois. J'avais étudié aussi le *Fritillaria Meleagris;* mais, comme cette plante présente, pour ainsi dire jusque dans les détails, les mêmes faits que le *Lilium Martagon,* qui m'avait servi d'exemple dans ma première Communication, il suffisait de mentionner simplement leur analogie. Ces résultats sont d'ailleurs en parfait accord avec ceux de M. Nawaschine sur une autre espèce du même genre, le *Fritillaria tenella* ([3]).

» Dans la Note indiquée, je n'ai pas non plus fait mention de mes observations sur le *Lilium candidum*. Il était à prévoir qu'il devait offrir les mêmes phénomènes que le *L. Martagon* et le *L. pyrenaicum,* étudiés dans mon premier travail. Bien que le peu de fertilité de cette espèce cultivée en rendît l'étude plus difficile, la pollinisation d'un grand nombre de fleurs

([1]) L. Guignard, *Sur les anthérozoïdes et la double copulation sexuelle chez les végétaux angiospermes* (*Comptes rendus*, 4 avril 1899).

([2]) L. Guignard, *Les découvertes récentes sur la fécondation chez les végétaux angiospermes* (*Volume jubilaire du cinquantenaire de la Société de Biologie*, p. 189; 1899).

([3]) S. Nawaschine, *Resultate einer Revision der Befruchtungsvorgänge bei Lilium Martagon und Fritillaria tenella* (*Bull. de l'Acad. imp. des Sciences de Saint-Pétersbourg*, t. IX, n° 4).

m'avait permis, néanmoins, de suivre toutes les phases de la double copulation sexuelle et de constater qu'elle présente effectivement les mêmes caractères que dans ces deux dernières espèces. La fécondation s'y accomplit également avec une lenteur relativement grande.

» Il n'en est plus de même chez l'*Endymion*, où il m'a fallu de nombreuses observations pour la saisir sur le fait. Cette Jacinthe offre, d'ailleurs, au point de vue de la constitution de l'appareil sexuel femelle, certaines différences par rapport aux plantes précédentes. La principale consiste en ce que les deux noyaux polaires, dont l'union produit le noyau secondaire du sac embryonnaire, s'accolent l'un à l'autre longtemps avant la pénétration du tube pollinique dans l'ovule, tandis que, dans le Lis et la Fritillaire, ils restent presque toujours séparés jusqu'au moment de la fécondation. Mais, quoique aplatis à leur surface de contact. ils ne se fusionnent pas; leur contour reste distinct et leurs éléments figurés, charpente chromatique et nucléoles, conservent les caractères qu'ils présentaient avant leur accolement. L'un des deux noyaux mâles sortis du tube pollinique vient s'unir à eux au niveau de leur surface de contact; puis il grossit peu à peu, et les trois noyaux soudés ensemble ne se fusionnent réellement qu'aux premiers stades de la division de la masse commune qui donne naissance à l'albumen.

» Par cet accolement constant des deux noyaux polaires et l'absence de fusion en un noyau unique avant la fécondation, la Jacinthe des bois se montre intermédiaire entre le Lis et le Fritillaire, où ces noyaux restent ordinairement isolés avant l'arrivée du tube pollinique, et les plantes, beaucoup plus nombreuses, où leur fusion est complète parfois assez longtemps avant la fécondation ([1]).

» En raison de son importance, l'étude de la double copulation devait nécessairement être étendue à d'autres plantes qne les Monocotylédones dont il vient d'être question; car, si son existence pouvait déjà être considérée comme générale chez les Angiospermes, il était à croire qu'elle donnerait lieu, sur plus d'un point, à des remarques intéressantes. C'est ce qu'il me serait possible de montrer dès à présent chez plusieurs Dicotylédones, en particulier les Renonculacées, chez lesquelles j'ai observé aussi cette double fécondation; mais je me réserve d'y revenir plus tard, et, pour

---

([1]) E. Strasburger, *Ueber Befruchtung und Zelltheilung* (*Jenaische Zeitschr.*; 1877). — L. Guignard, *Recherches sur le sac embryonnaire des Phanérogames Angiospermes* (*Ann. des Sc. nat., Bot.*; 1882).

le moment, je me propose seulement de résumer les faits particuliers que j'ai constatés en étudiant les Tulipes.

» Les nombreuses variétés du *Tulipa Gesneriana* cultivées dans les jardins sont fréquemment stériles ou ne donnent qu'un petit nombre de graines; les espèces sauvages, telles que le *T. Celsiana* et le *T. sylvestris*, sont ordinairement plus fertiles et permettent d'étudier plus facilement les phénomènes qui ont trait à la fécondation.

» Ces trois espèces ne présentent pas les mêmes caractères au point de vue de la constitution de l'appareil sexuel.

» Dans les variétés du *Tulipa Gesneriana* que j'ai examinées, le sac embryonnaire, à l'état adulte, est élargi dans ses deux tiers supérieurs, et rétréci en cul-de-sac dans son tiers inférieur. Comme à l'ordinaire, les synergides et l'oosphère en occupent le sommet, les antipodes la partie basilaire rétrécie; les deux noyaux polaires sont d'abord placés chacun dans le voisinage du groupe nucléaire auquel ils appartiennent, et, comme dans le Lis et le Fritillaire, l'inférieur devient plus gros que le supérieur, assez longtemps avant la fécondation.

» Dans le *Tulipa Celsiana* et le *T. sylvestris*, qui se ressemblent sous tous les rapports, le sac embryonnaire est ovoïde et contient à la base une grande vacuole. Par trois bipartitions successives, son noyau primaire fournit, suivant la règle générale, huit noyaux; mais, au lieu d'être groupés en deux tétrades, l'une au sommet, l'autre à la base, ces noyaux restent d'abord tous à peu près à égale distance les uns des autres dans le protoplasme qui surmonte la vacuole. Deux d'entre eux sont plus petits et présentent un aspect plus chromatique, par suite de la condensation plus grande de leurs éléments figurés; situés près du sommet du sac, ils représentent évidemment les noyaux des deux synergides. Parmi les six autres noyaux, cinq ressemblent à des vésicules dans lesquelles on distingue des filaments chromatiques libres, disposés à la périphérie, au voisinage ou au contact de la membrane nucléaire, et accompagnés de deux petits nucléoles; le sixième, au contraire, a une charpente chromatique fine et serrée, occupant toute la cavité nucléaire, avec des nucléoles multiples; de plus, ce noyau spécial est presque toujours situé à un niveau inférieur aux autres, dans la partie basilaire du sac, sur le côté de la vacuole.

» A un moment donné, il apparaît dans le protoplasme commun des lignes granuleuses excessivement délicates, qui séparent le territoire protoplasmique appartenant à chacun des huit noyaux. Par l'action de cer-

tains réactifs, les cellules nues ainsi délimitées s'isolent quelque peu les unes des autres sur tout ou partie de leur périphérie; c'est le noyau basilaire qui possède le territoire protoplasmique le plus étendu, les autres cellules étant à peu près égales. Aucune d'elles ne s'entoure d'une membrane véritable, et rien ne permet de distinguer nettement l'oosphère, même au moment où le tube pollinique, arrivé au sommet du sac embryonnaire, y déverse son contenu pour opérer la fécondation. Tout ce que l'on peut remarquer, c'est que la cellule qui joue le rôle d'oosphère est située dans le voisinage des synergides.

On ne retrouve donc pas ici la différenciation qui existe généralement chez les autres plantes entre les synergides et l'oosphère d'une part, les antipodes et les noyaux polaires d'autre part. Seuls, les noyaux des synergides et le noyau basilaire se reconnaissent à des caractères particuliers. Comme on le verra dans un instant, le noyau basilaire joue le rôle de noyau polaire inférieur au moment de la fécondation.

» Après son entrée dans le micropyle de l'ovule, le tube pollinique se dilate d'une façon très marquée durant son trajet vers le sommet du sac embryonnaire, dans lequel il pénètre et expulse ses deux anthérozoïdes. Ceux-ci ont ordinairement la forme de noyaux allongés et plus ou moins courbés en croissant ou en crochet; à leur sortie du tube pollinique, ils sont entourés d'une substance dense, dont une partie représente vraisemblablement le protoplasme propre des deux cellules mâles primitives.

» L'un de ces noyaux mâles s'unit au noyau de la cellule qui joue le rôle d'oosphère, et dont le protoplasme s'entoure alors d'une membrane délicate; l'autre s'accole à celui des noyaux voisins qui représente le noyau polaire supérieur, avec lequel il va ensuite rejoindre le noyau basilaire. Ce dernier doit donc être considéré comme noyau polaire inférieur. Souvent aussi, les deux noyaux polaires se mettent en contact avant la copulation et, par suite, la formation du noyau secondaire du sac est antérieure à ce phénomène. Mais, même dans ce cas, l'accolement des noyaux polaires est toujours très tardif et il ne semble pas se produire avant l'arrivée du tube pollinique au sommet du sac embryonnaire. Sous ce rapport, les plantes dont il s'agit se comportent à peu de chose près comme le Lis et le Fritillaire.

» Lorsque les deux copulations ont eu lieu, les noyaux mâles grossissent au contact des noyaux femelles et prennent peu à peu les caractères ordinaires de l'état de repos.

» Dans l'oosphère, le noyau mâle se distingue assez longtemps du noyau femelle par sa moindre dimension et sa colorabilité plus prononcée. La fusion des noyaux n'a lieu réellement qu'aux premières phases de la division de l'œuf, après que les chromosomes sont déjà devenus distincts dans chacun d'eux. Au moment où cette division se produit, il y a déjà, dans la plupart des cas, quatre noyaux d'albumen dans le sac embryonnaire.

» L'autre copulation, qui porte sur les noyaux polaires, présente les mêmes caractères essentiels que la précédente, avec cette différence que le noyau mâle grossit beaucoup plus rapidement, puisque la division de la masse nucléaire commune doit se faire avant celle de l'œuf pour donner naissance à l'albumen.

» Quant aux autres noyaux restés sans emploi, on les retrouve pendant un certain temps, après la fécondation, dans la partie supérieure du sac embryonnaire, au pourtour de l'embryon en voie de développement. Ils se reconnaissent à leur structure spéciale et à leur dimension toujours moindre que celle des premiers noyaux de l'albumen; peu à peu, ils diminuent de grosseur et se résorbent.

» En résumé, on voit que, dans un même genre, certaines espèces peuvent offrir, au point de vue de la constitution de l'appareil sexuel femelle, des caractères assez différents de ceux qui existent dans les espèces voisines. Le *Tulipa Celsiana* et le *T. sylvestris,* comparés aux nombreuses variétés horticoles du *T. Gesneriana,* en fournissent un intéressant exemple. Ces deux espèces se distinguent par la faible différenciation des cellules qui, chez les autres Angiospermes, forment le groupe des synergides et de l'oosphère au sommet du sac embryonnaire et celui des antipodes à la base; non seulement, en effet, elles sont toutes dépourvues de membranes d'enveloppe, mais celles qui correspondent aux antipodes restent dans la région centrale du sac embryonnaire. La double fécondation ne s'en effectue pas moins avec les caractères essentiels qu'on lui connaît chez les plantes mentionnées au début de cet exposé (1). »

---

(1) Le travail résumé dans cette Note paraîtra prochainement dans les *Ann. des Sc. nat., Bot.,* t. XI, 5e série.

TOPOGRAPHIE. — *Sur les travaux de reconnaissance exécutés par les ingénieurs russes par la méthode photographique.* Note de M. **Laussedat.**

« J'ai l'honneur de signaler à l'Académie les résultats très remarquables obtenus par les ingénieurs russes, en appliquant la méthode photographique à l'étude du terrain pour la rédaction des avant-projets des chemins de fer transbaïkal et transcaucasien.

» Je tiens les renseignements qui suivent du chef des deux expéditions dont il s'agit, M. l'Ingénieur des voies de communication Richard Thilé.

» La première de ces expéditions a été entreprise en 1897. Le 1er mai de cette année, deux brigades, composées chacune d'un ingénieur, de deux élèves de l'École des voies de communication en qualité d'assistants et d'un photographe, quittaient Saint-Pétersbourg pour se rendre dans la Transbaïkalie. M. Thilé dirigeait la première, et son collègue, M. Ichtschouroff, la seconde. Il y avait avec eux un mécanicien chargé de l'entretien et de la réparation des instruments.

» Après un trajet dont une grande partie (plus de 2000 verstes) sur des chemins abominables, les deux brigades atteignaient Oustj-Ononn et s'avançaient jusqu'à la frontière de Chine, le long du fleuve Argonne, en procédant aux opérations.

» Du 21 juillet au 26 août, elles effectuaient une triangulation entre deux points distants de 130 verstes, mesuraient plusieurs bases et prenaient 96 vues panoramiques comprenant chacune 8 épreuves. Dès le 15 août, les quatre élèves ingénieurs suffisamment initiés retournaient à Saint-Pétersbourg, et M. Ichtschouroff, avec l'un des photographes, regagnait la station de Oustj-Ononn pour y calculer, rapporter la triangulation et développer plus à l'aise 600 des négatifs qui n'avaient pas pu l'être sur le terrain à cause des déplacements fréquents.

» Le 7 septembre, assisté seulement du mécanicien et muni de tentes de nomades, M. Thilé quittait le poste de Kloutschewskoy pour entreprendre l'étude d'une nouvelle ligne de 125 werstes de longueur allant jusqu'à la frontière de Chine (voir la Carte exposée à l'échelle de $\frac{1}{114000}$), enfin, en revenant, il étudiait encore une variante de 38 werstes commençant non loin de la station Nagadan.

» Ces derniers levers, comprenant la mesure de quatre bases, les trian-

gulations et 83 panoramas photographiques, furent effectués en quatre semaines, dont il faut déduire une perte de six jours occasionnée par un incendie de la steppe qui obligea les opérateurs à prendre la fuite, et par une tempête de neige accompagnée d'un vent violent qui dura trois jours.

» De retour à Irkoutsk (où se trouve l'administration du chemin de fer transbaïkal), les deux ingénieurs construisirent, à l'échelle de $\frac{1}{48000}$, une première minute du plan de la région levée à l'aide de 800 photographies, sur lequel furent tracés les cours d'eau, les vallées, etc., sur une étendue de 3000 werstes carrées et des courbes de niveau approximatives de 5 toises en 5 toises russes ($10^m,67$) déduites de points dont les altitudes étaient bien déterminées. Cette minute fut aussitôt employée par l'administration à la rédaction des avant-projets des travaux du chemin de fer.

» L'expédition quittait Irkoutsk le 12 décembre et rentrait à Saint-Pétersbourg, où était exécutée la mise au net des levés, toujours à l'échelle de $\frac{1}{48000}$.

» Le plan définitif était terminé et remis au Ministre des Voies de communication, prince Hilkoff, le 1er juin 1898.

» Ainsi, en moins d'un an et dans une contrée particulièrement inhospitalière, on était parvenu à lever, avec une approximation tout à fait suffisante pour le but à atteindre, une bande de terrain de 3000 werstes carrées (130 werstes de longueur sur une largeur moyenne de 23 werstes).

» M. Thilé ajoute qu'en tenant compte des traitements et des salaires du personnel et même du prix d'acquisition des instruments, la werste carrée de ce levé n'a coûté que 10 roubles, tandis que celui de la werste carrée levée à la planchette revient à 30 roubles, et l'on ne saurait oublier qu'en employant la première méthode, les centaines de photographies qui ont servi à construire le plan sont autant de documents authentiques, pleins d'intérêt par eux-mêmes et qui en assurent l'exactitude.

» Dès le mois de juillet 1898, MM. Thilé et Ichtschouroff se rendaient dans la Transcausie pour y étudier le tracé des lignes de chemin de fer de Tiflis à Kars et à Erivan, et d'Erivan à Djoulf, dans une contrée très montagneuse, et jusqu'à la frontière de Perse par le grand défilé de Bambak (Tiflis-Kars) et le petit défilé d'Alindja-Tschaï. Je mets sous les yeux de l'Académie quelques-unes des belles photographies prises par M. Thilé dans le défilé de Bambak.

» En ce moment même et depuis la fin de l'année dernière, les travaux photographiques sont poursuivis en Transcaucasie et sur la ligne projetée du chemin de fer électrique entre Noworossijsk et Touapsé, sur le bord de

la mer Noire; enfin, ils ont été entrepris dans différentes directions, de la frontière de Perse à Téhéran et de cette capitale au golfe Persique.

» Je ne donne aucun détail sur les excellents procédés photographiques (dont les épreuves exposées font foi), ni sur les instruments employés par M. Thilé, qui n'a eu qu'à choisir parmi les nombreux photothéodolites que l'on construit aujourd'hui partout en Europe et qui s'est arrêté définitivement aux derniers modèles proposés par l'ingénieur italien Paganini Pio, l'un des adeptes les plus anciens et les plus distingués de la méthode photographique.

» Pour les grandes plaines à explorer entre Téhéran et le golfe Persique, qui se prêtent moins bien que les pays de montagnes à la méthode ordinaire, M. Thilé a construit un appareil panoramique très ingénieux composé de plusieurs chambres noires accolées qu'il compte, en mettant à profit les idées de nos compatriotes MM. Arthur Batut et Em. Wenz, enlever à des hauteurs convenables pour bien découvrir le terrain au moyen de cerfs-volants exécutés au parc aréostatique de Saint-Pétersbourg.

« Nous ne pouvons que souhaiter à cette tentative le même succès que celui déjà réalisé dans la Transbaïkalie et la Transcaucasie. »

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur une nouvelle réaction que présentent certaines aldéhydes aromatiques vis-à-vis du bornéol sodé.* Note de M. A. **Haller**.

« Dans nos Communications antérieures (1), nous avons montré qu'en faisant agir certaines aldéhydes aromatiques (benzoïque, anisique, méthylsalicylique, métaméthoxybenzoïque, cuminique, pipéronylique) sur le camphre sodé, préparé d'après la méthode de M. Baubigny, il se forme des combinaisons qu'on peut considérer comme résultant de l'addition d'une molécule d'aldéhyde aromatique à une molécule de camphre, avec élimination d'une molécule d'eau

$$C^8H^{14}\left\langle\begin{array}{l}CH_2\\ \mid\\ CO\end{array}\right. + R.CHO = C^8H^{14}\left\langle\begin{array}{l}C = CH.R\\ \mid\\ CO\end{array}\right. + H^2O.$$

» L'allure générale de ces nouvelles combinaisons, et en particulier la

(1) *Comptes rendus*, t. CXIII, p. 22; t. CXVIII, p. 1270.

propriété qu'elles possèdent de fournir par hydrogénation des alcoylcamphres dont l'un, le benzylcamphre, est absolument identique avec le produit qu'on obtient en traitant le camphre sodé par du chlorure de benzyle [1], semble mettre hors de doute leur constitution et, par suite, leur formule. Aussi leur formation aux dépens du bornéol sodé, sur lequel ou fait réagir des aldéhydes aromatiques, présente-t-elle quelque intérêt au point de vue des réactions qui doivent se produire.

» On sait, d'après les recherches de M. Claisen, que, lorsqu'on chauffe de l'aldéhyde benzoïque avec du méthylate de sodium, il se forme du benzoate de méthyle, de l'alcool benzylique et du benzoate de benzyle

$$2x C^6H^5.CHO + y CH^3OH = y(C^6H^5.CO^2CH^3 + C^6H^5.CH^2OH) + (x-y)C^6H^5.CO^2CH^2C^6H^5.$$

» Dans le but de nous rendre compte si l'aldéhyde benzoïque se comporte vis-à-vis du bornéol sodé comme à l'égard de l'alcool méthylique sodé, nous avons traité une solution de camphol sodé dans l'éther de pétrole par de l'aldéhyde benzoïque. Le mélange s'échauffe et quand la réaction est terminée, on neutralise avec de l'acide acétique glacial, on décante, on lave la liqueur éthérée avec une solution de carbonate de soude pour enlever l'acide benzoïque, et l'on distille. On élimine ainsi la majeure partie du bornéol et d'une huile qui l'accompagne, et il reste dans la cornue du benzylidènecamphre qu'il suffit de faire cristalliser.

» Cet essai a été répété : 1° sur un bornéol artificiel renfermant de petites quantités d'isobornéol; 2° sur un isobornéol presque pur, de pouvoir rotatoire (solution alcoolique) $[\alpha]_D = -26°11$; 3° sur un bornéol gauche pur ayant le pouvoir rotatoire normal $-37°$ environ. Dans chaque essai on a obtenu, au sens du pouvoir rotatoire près, le même benzylidènecamphre, comme le montrent les constantes observées.

Bornéol employé.	Point de fusion	et	Pouvoir rotatoire du benzylidènecamphre.
1. Bornéol droit ordinaire....	95-96		$[\alpha]_D = +428$ (solution alcoolique)
2. Bornéol gauche pur.......	95-96		$[\alpha]_D = +424\,53$ (id.)
3. Isobornéol gauche........	95-96		$[\alpha]_D = +437\,23$ (id.)

» Ainsi, que l'on ait affaire à un bornéol normal stable (1 et 2), ou à un isobornéol (3), on obtient toujours la combinaison benzylidénique corres-

---

(1) *Ibid*, t. CXII, p. 1490.

pondant au camphre qui dérive du bornéol. Or, le bornéol droit ordinaire et l'isobornéol gauche donnent tous deux par oxydation du camphre droit, aussi le benzylidènecamphre obtenu avec ces deux bornéols est *droit*. Au bornéol gauche correspond un camphre gauche; il en résulte que le benzylidènecamphre auquel il donne naissance est nécessairement *gauche*.

» La production de ces dérivés benzylidéniques est toujours accompagnée de la formation de produits huileux en plus ou moins grande quantité. Quoi qu'il en soit de ces produits, nous pouvons dès maintenant affirmer que les réactions qui se passent entre le bornéol sodé et l'aldéhyde benzoïque s'écartent de celles observées par M. Claisen. Nous n'essaierons donc pas de traduire le phénomène avant de connaître la nature des dérivés qui accompagnent le benzylidènecamphre. Nous pouvons cependant dès maintenant ajouter que, dans les conditions de milieu étudiées, l'aldéhyde benzoïque a pour effet de déterminer l'oxydation du bornéol sodé en camphre sodé, lequel subit alors la condensation avec l'aldéhyde dans le sens indiqué plus haut. Il est probable que l'hydrogène provenant de cette oxydation se porte sur une molécule d'aldéhyde benzoïque et la transforme en alcool benzylique.

» Pour corroborer les phénomènes observés avec l'aldéhyde benzoïque, nous avons fait agir d'autres aldéhydes sur le bornéol sodé gauche de Ngai.

» Ce dernier a été choisi à dessein, parce qu'on peut l'avoir très pur dans le commerce, et aussi parce que nous désirions préparer les dérivés gauches correspondant aux composés droits étudiés antérieurement.

» *Orthométhoxybenzylidènecamphre ou méthylsalicylidènecamphre gauche.* — On dissout 60gr de bornéol gauche pur dans de l'éther de pétrole et l'on y ajoute 4,6 de sodium en fil. Quand tout le sodium est à peu près dissous, on ajoute 27gr d'aldéhyde méthylsalicylique et l'on achève l'opération comme avec l'aldéhyde benzoïque. Le méthylsalicylidènecamphre purifié par cristallisation fond à 92°-94° et possède en solution alcoolique le pouvoir rotatoire $[\alpha]_D = -414°,58'$. Le dérivé droit correspondant a le pouvoir rotatoire $[\alpha]_D = +431°,50$ (en solution dans le toluène).

» *Paraméthoxybenzylidène ou anisylidènecamphre gauche.* — Ce composé a été préparé comme son isomère ortho. Les cristaux fondent à 125° et possèdent le pouvoir rotatoire $[\alpha]_D = -528°,17'$, tandis que le dérivé droit accuse un pouvoir rotatoire $[\alpha]_D = +467°,07$ (1).

(1) L'écart qui existe entre le pouvoir rotatoire des dérivées droit et gauche provient uniquement de ce que ces mesures ont été faites à des concentrations différentes et dans des solvants différents. Nous reviendrons d'ailleurs sur ces mesures.

» *Pipéronylidènecamphre gauche.* — Préparé comme ses congénères, ce dérivé se présente sous la forme de fines aiguilles fondant à 159°,5 et possédant le pouvoir rotatoire $[\alpha]_D = -393°,8'$. Le dérivé droit correspondant a montré le pouvoir rotatoire $[\alpha]_D = +435°,40$ (¹).

» Nous nous proposons d'étendre cette réaction à d'autres alcools secondaires, et, en particulier, à des corps cycliques comme l'isopulégol, le thuyol, l'alcool fenolique, etc. Nous sommes occupé à étudier également l'action des aldéhydes aromatiques sur la menthone, la pulégone, la carvone, la fénone, dans le but d'obtenir des combinaisons analogues à celles que nous venons de décrire, pour en déterminer les indices de réfraction et les pouvoirs rotatoires. »

MÉMOIRES PRÉSENTÉS.

M. F. **Masure** adresse, par l'entremise de M. Müntz, un Mémoire intitulé : « Recherches expérimentales sur les fermentations des moûts de raisin frais, en cuves fermées à l'accès de l'air, en cuves ouvertes à orifice étroit, et en cuves largement ouvertes à l'air ».

(Renvoi à la Section d'Économie rurale.)

CORRESPONDANCE.

M. **Schwendener**, nommé Correspondant, adresse ses remercîments à l'Académie.

M. le **Secrétaire perpétuel** appelle l'attention de l'Académie sur un Volume que viennent de publier MM. *H. Le Chatelier* et *O. Boudouard*, sous le titre : « Mesure des températures élevées ».

M. le **Secrétaire perpétuel** signale une brochure intitulée : « Stas et les lois de poids » ; par M. *L. Henry*.

(¹) *Loc. cit.*

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une application de la méthode des approximations successives.* Note de M. **A. Davidoglou**, présentée par M. E. Picard.

« Considérons l'équation

$$(1) \qquad \frac{d^4 y}{dx^4} = \varphi(x) y \qquad [\varphi(x) \geqq 0 \text{ pour } a \leqq x \leqq b]$$

utile pour l'étude des équations de même forme mais qui contiennent un paramètre variable, et qu'on rencontre dans la théorie des verges élastiques.

» Le premier problème à résoudre est de savoir dans quels cas une pareille équation admet une intégrale $y_1(x)$ tangente à Ox en a et b et positive dans cet intervalle.

» Remarquons d'abord que si la fonction $\Psi(x)$ est positive dans ab, l'intégrale de l'équation

$$\frac{d^4 u}{dx^4} = \Psi(x)$$

tangente à Ox en a et b est aussi positive dans cet intervalle. Cela étant, on démontre immédiatement que si l'équation (1) admet une intégrale $y_1(x)$ positive et non nulle dans ab, telle que

$$y_1'(a) \geqq 0, \qquad y_1'(b) \leqq 0$$

(et même dans un cas beaucoup plus général), cette intégrale est donnée par la méthode des approximations successives. Elle sera donc l'unique intégrale répondant aux mêmes conditions initiales et finales (point et tangente en a, point et tangente en b). L'existence d'une pareille intégrale entraîne la *non-existence* dans ab de l'intégrale $z(x)$, non identiquement nulle, tangente à Ox en a et b. En effet, on peut choisir une constante $C > 0$ telle qu'on ait, dans ab,

$$Z(x) = C y_1(x) + z(x) > 0;$$

les deux intégrales $C y_1(x)$ et $z(x)$ répondent aux mêmes conditions initiales et finales, ce qui est inadmissible [ce résultat subsiste même si les points de contact de $z(x)$ sont intérieurs à ab]. On est ainsi conduit à chercher dans quels intervalles ab il existe une intégrale positive et telle que la méthode des approximations successives soit applicable.

» Pour cela, on commencera les approximations successives avec la constante $y_0 = 1$; on aura ainsi les équations

$$\frac{d^4 y_0}{dx^4} = 0,$$
$$\frac{d^4 y_1}{dx^4} = \varphi(x) y_0,$$
$$\dots\dots\dots\dots\dots$$
$$\frac{d^4 y_n}{dx^4} = \varphi(x) y_{n-1},$$

$y_n(x)$ étant déterminée par les conditions

$$y_n(a) = y_n(b) = 1.$$
$$y'_n(a) = y'_n(b) = 0.$$

» Posons

$$u_0 = y_0, \qquad u_1 = y_1 - y_0, \qquad \dots, \qquad u_n = y_n - y_{n-1},$$
$$W_{m,n} = \int_a^b \varphi(x) u_m u_n dx, \qquad V_{m,n} = \int_a^b \frac{d^2 u_m}{dx^2} \frac{d^2 u_n}{dx^2} dx.$$

On démontrera que

» 1° $\quad 0 < u_n(x) < q \int_a^b \varphi(x) u_{n-1} dx \qquad (q = \text{quantité fixe});$

» 2° $\quad W_{m,n} = V_{m+1\,n} = W_{m+n}$

c'est-à-dire que les W et les V ne dépendent que de la somme $m + n$;

» 3° $\quad \frac{W_1}{W_0} < \frac{W_2}{W_1} < \dots < \frac{W_n}{W_{n-1}} <$ quantité fixe;

le rapport $\frac{W_n}{W_{n-1}}$ tend donc vers une limite c;

» 4° La série Σu_i est convergente ou non uniformément convergente suivant que c est $<$ ou > 1.

» 5° Pour $c = 1$, on a une intégrale tangente à Ox en a et b et positive dans ab.

» Plaçons-nous dans ce dernier cas : pour tout intervalle $a_1 b_1$ compris dans ab, on aura $c_1 < 1$ et, par suite, une intégrale doublement tangente à Ox est identiquement nulle dans cet intervalle. De même, pour tout intervalle $ab_2 (b_2 > b)$, on aura $c_2 > c = 1$, c'est-à-dire qu'il n'existe pas d'intégrale tangente à Ox en a et b_2 et *positive* dans ab_2. Mais nous allons démontrer qu'il existe une suite infinie de points $b_2, b_3, \dots, b_n, \dots$, telle

que l'intégrale $y_n(x)$ soit tangente à Ox en a et b_n et change $(n-1)$ fois de signe dans ab_n.

» Désignons par $y_1(x)$ l'intégrale tangente à Ox en a et b, et posons

$$\omega = y_1''(a) > 0,$$
$$\omega_1 = y_1'''(a) < 0.$$

» Nous envisagerons l'intégrale $y_\lambda(x)$ telle que

$$y_\lambda(a) = y_\lambda'(a) = 0,$$
$$y_\lambda''(a) = \omega, \qquad y_\lambda'''(a) = \lambda < \omega_1;$$

y_λ sera une fonction continue de λ qu'on pourra déterminer de proche en proche. La considération des intégrales

$$y_1(x) - y_\lambda(x) = z_\lambda(x) \qquad (\lambda < \omega_1),$$
$$y_\lambda(x) - y_{\lambda'}(x) = z_{\lambda'}(x) \qquad (\lambda' < \lambda < \omega_1),$$

toutes positives et croissantes, d'après (1), montre que :

» 1° Pour λ voisin de ω_1, y_λ coupe Ox en x_λ et x'_λ voisins de b et situés de part et d'autre de ce point; elle est positive de a à x_λ, négative de x_λ à x'_λ;

» 2° Quand λ décroît, x_λ va vers la gauche et x'_λ vers la droite, x_λ étant à chaque instant le seul zéro entre a et x'_λ.

» Soit b' le point tel qu'il existe une intégrale tangente à Ox en b et b', et positive dans bb'; $\left(\frac{dy_\lambda}{dx}\right)_{x'_\lambda}$ qui commence par être positive s'annulera certainement entre b et b'. En effet, entre deux intégrales y, Y de (1) on a

$$y\frac{d^3Y}{dx^3} - Y\frac{d^3y}{dx^3} = \text{const.} + \frac{dy}{dx}\frac{d^2Y}{dx^2} - \frac{dY}{dx}\frac{d^2y}{dx^2};$$

et en prenant $y = y_1$, $Y = y_\lambda$ on voit immédiatement que

$$\left(\frac{dy_\lambda}{dx}\right)_{x=b} < 0$$

et par suite

$$\left[\frac{d(-y_\lambda)}{dx}\right]_{x=b} > 0, \qquad \left[\frac{d(-y_\lambda)}{dx}\right]_{x=b'} \leqq 0.$$

» Les approximations successives convergeraient pour cette intégrale, ce qui est incompatible avec l'existence d'une intégrale tangente à Ox en b et b' (on suppose ici l'existence de l'intervalle bb'). Nous trouvons donc une intégrale $y_2(x)$ de (1) tangente à Ox en a et b_2 $(b_2 > b)$ et changeant une fois de signe dans ab_2. Soit $\omega_2 = y_2'''(a) < \omega_1$. On démontre à l'aide du théorème de Rolle que, pour $x > b_2$, $y_2(x)$ ne s'annule plus. En faisant

parcourir à λ les mêmes valeurs, mais en sens contraire (à partir de ω_2) et en portant notre attention sur la branche infinie ($x > b_2$), on démontre par le même procédé que pour une valeur de λ, $\lambda = \omega_3 (\omega_2 < \omega_3 < \omega_1)$, l'intégrale correspondante sera tangente à Ox en a et b_3 ($b_3 > b_2$) et ainsi de suite.

» C'est de ce théorème que nous ferons usage pour l'étude de l'équation

$$\frac{d^4 y}{dx^4} = k\varphi(x)y,$$

renfermant le paramètre arbitraire k. »

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'intégration des équations linéaires à discriminant non nul.* Note de M. **J. Le Roux**, présentée par M. Darboux.

« En cherchant à étendre aux équations linéaires à un nombre quelconque de variables indépendantes les méthodes dont j'ai fait usage dans le cas de deux variables, j'ai obtenu quelques résultats intéressants.

» Rappelons qu'à toute équation linéaire d'ordre p, à n variables indépendantes, correspondent des surfaces caractéristiques (variétes à $n - 1$ dimensions) définies par une équation aux dérivées partielles, homogène du premier ordre et du $p^{\text{ième}}$ degré. Je suppose le discriminant de cette équation homogène différent de zéro.

» Dans cette hypothèse, on peut représenter par des intégrales multiples à $n - 1$ dimensions et à limites variables toutes les intégrales de l'équation proposée, quand on a préalablement obtenu :

» 1° Une intégrale complète de l'équation des caractéristiques;

» 2° Une solution particulière de l'équation considérée satisfaisant à des conditions analogues à celles qui définissent nos *intégrales principales*.

» Considérons, par exemple, l'équation du second ordre à trois variables indépendantes

$$(1)\quad \left\{\begin{aligned} &A\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + A'\frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + A''\frac{\partial^2 u}{\partial z^2} + 2B\frac{\partial^2 u}{\partial y\,\partial z} + 2B'\frac{\partial^2 u}{\partial z\,\partial x} + 2B''\frac{\partial^2 u}{\partial x\,\partial y} \\ &\qquad\qquad + 2C\frac{\partial u}{\partial x} + 2C'\frac{\partial u}{\partial y} + 2C''\frac{\partial u}{\partial z} + Du = 0. \end{aligned}\right.$$

» Les surfaces caractéristiques sont définies par l'équation homogène du second degré

$$(2)\quad A\left(\frac{\partial\varphi}{\partial x}\right)^2 + A'\left(\frac{\partial\varphi}{\partial y}\right)^2 + A''\left(\frac{\partial\varphi}{\partial z}\right)^2 + 2B\frac{\partial\varphi}{\partial y}\frac{\partial\varphi}{\partial z} + 2B'\frac{\partial\varphi}{\partial z}\frac{\partial\varphi}{\partial x} + 2B''\frac{\partial\varphi}{\partial x}\frac{\partial\varphi}{\partial y} = 0.$$

dont le discriminant est supposé différent de zéro. Soit $u(x, y, z, \alpha, \beta)$ une solution particulière de l'équation (1), α et β désignant des paramètres arbitraires.

» La fonction définie par l'intégrale double

$$U = \int\int f(\alpha, \beta) u(x, y, z, \alpha, \beta) d\alpha\, d\beta \tag{3}$$

est une nouvelle solution, quelle que soit la fonction $f(\alpha, \beta)$, pourvu que le champ d'intégration d'une part, et d'autre part la solution $u(x, y, z, \alpha, \beta)$ satisfassent aux conditions que nous allons définir.

» 1° Si nous considérons α et β comme les coordonnées rectilignes d'un point, le champ d'intégration sera représenté par une aire plane dont le contour se composera d'une partie fixe et d'une partie variable (c'est-à-dire dépendant des variables x, y, z). C'est ce que nous appellerons la *limite fixe* et la *limite variable* de l'intégrale double. La première peut être quelconque, la seconde doit être définie par une équation de la forme

$$\beta = \varphi(x, y, z, \alpha) \tag{4}$$

qui représente une intégrale complète, d'ailleurs arbitraire, de l'équation aux dérivées partielles des caractéristiques.

» 2° Sur la surface caractéristique définie par l'équation (4) où l'on regarde de nouveau α et β comme des paramètres constants, la formation $u(x, y, z, \alpha, \beta)$ doit être égale à une intégrale quelconque de l'équation suivante

$$\left\{\begin{aligned} &\frac{\partial\varphi}{\partial x}\left(A\frac{\partial u}{\partial x} + B''\frac{\partial u}{\partial y} + B'\frac{\partial u}{\partial z} + Cu\right) + \frac{\partial\varphi}{\partial y}\left(B''\frac{\partial u}{\partial x} + A'\frac{\partial u}{\partial y} + B\frac{\partial u}{\partial z} + C'u\right)\\ &\quad + \frac{\partial\varphi}{\partial z}\left(B'\frac{\partial u}{\partial x} + B\frac{\partial u}{\partial y} + A''\frac{\partial u}{\partial z} + C''u\right)\\ &\quad + \frac{u}{2}\left(A\frac{\partial^2\varphi}{\partial x^2} + A'\frac{\partial^2\varphi}{\partial y^2} + A''\frac{\partial^2\varphi}{\partial z^2} + 2B\frac{\partial^2\varphi}{\partial y\,\partial z} + 2B'\frac{\partial^2\varphi}{\partial z\,\partial x} + 2B''\frac{\partial^2\varphi}{\partial x\,\partial y}\right) = 0. \end{aligned}\right. \tag{5}$$

» Cela posé, considérons une courbe analytique quelconque de l'espace. Par cette courbe passent en général deux nappes de surfaces caractéristiques. On sait que toute intégrale de l'équation (1) est déterminée par les valeurs qu'elle prend sur ces deux surfaces. Or, dans la formule (3), on peut disposer, en général, de la fonction arbitraire $f(\alpha, \beta)$ et de la *limite fixe* de l'intégrale double de telle façon que la fonction U s'annule sur l'une des deux nappes considérées, et prenne sur l'autre des valeurs données d'avance. Nous avons donc le droit de dire que l'*intégrale générale* de l'équation (1) est donnée par la formule (3).

» L'exemple suivant montrera la portée de ce qui précède. Considérons l'équation

$$(A)\qquad \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} - \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} = 0$$

et prenons comme surfaces caractéristiques les plans

$$(B)\qquad x\cos\alpha + y\sin\alpha - z - \beta = 0,$$

qui correspondent à une intégrale complète.

» On satisfait à l'équation (A) et à la condition (5) en posant

$$u(x, y, z, \alpha, \beta) = 1.$$

» Donc l'intégrale générale de l'équation (A) sera donnée par la formule

$$(C)\qquad U = \int\int f(\alpha, \beta)\, d\alpha\, d\beta,$$

où la *limite variable* de l'intégrale double est définie par l'équation (B), la *limite fixe* étant indéterminée.

» Si l'on prend comme limite fixe une courbe analytique

$$\beta = \psi(\alpha),$$

l'intégrale double U se ramène à une somme d'intégrales simples de la forme

$$\int_{\alpha_0}^{\alpha_1} \{ F(\alpha, x\cos\alpha + y\sin\alpha - z) - F[\alpha, \psi(\alpha)]\, d\alpha \},$$

dans lesquelles les limites α_0, α_1 sont des nombres constants ou des racines de l'équation

$$(D)\qquad x\cos\alpha + y\sin\alpha - z - \psi(\alpha) = 0.$$

» Remarquons que, si les racines α_0, α_1 deviennent égales, le point (x, y, z) se trouve sur la surface caractéristique enveloppe du plan (D). »

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'extension des propriétés des réduites d'une fonction aux fractions d'interpolation de Cauchy.* Note de M. **H. Padé**, présentée par M. Appell.

« 1. Dans la Note V de son *Analyse algébrique*, Cauchy, généralisant la formule d'interpolation de Lagrange, a donné une expression de la fraction

dont les termes sont de degrés égaux respectivement à $n-1$ et m, et qui, pour $x=x_0, x_1, x_2, \ldots, x_{m+n-1}$, prend $m+n$ valeurs correspondantes données $u_0, u_1, u_2, \ldots, u_{m+n-1}$.

» En remplaçant m par μ, $n-1$ par ν, et désignant par

$$D(a_1, a_2, \ldots, a_p \mid b_1, b_2, \ldots, b_q)$$

le produit des pq différences $a_i - b_j$, cette fraction peut s'écrire

$$(1) \qquad \frac{\sum \dfrac{u_0 u_1 u_2 \ldots u_\mu}{D(x_0, x_1, \ldots, x_\mu \mid x_{\mu+1}, \ldots, x_{\mu+\nu})}(x - x_{\mu+1}) \ldots (x - x_{\mu+\nu})}{\sum \dfrac{u_0 u_1 u_2 \ldots u_{\mu-1}}{D(x_0, x_1, \ldots, x_{\mu-1} \mid x_\mu, x_{\mu+1}, \ldots, x_{\mu+\nu})}(x_0 - x) \ldots (x_{\mu-1} - x)},$$

les signes $\sum$ s'étendant respectivement à toutes les combinaisons d'ordres $\mu+1$ et μ des indices $0, 1, 2, \ldots, \mu+\nu$.

» Si le nombre des valeurs u_i données est égal à k, elles pourront être représentées par l'une quelconque des k fractions dont la somme des degrés des termes est égale à $k-1$. Si l'on considère alors successivement les cas où l'on se donne une seule valeur u_0, puis deux, u_0, u_1, puis trois, u_0, u_1, u_2, et ainsi de suite, *en ajoutant chaque fois une valeur nouvelle à celles précédemment considérées,* on voit que les systèmes de une, deux, trois, etc. fractions correspondantes constitueront, prises toutes ensemble, une suite à double entrée absolument analogue à celle des réduites d'une fonction.

» 2. *Formules de récurrence analogues à celles des réduites.* — Considérons deux suites infinies de quantités correspondantes

$$(2) \qquad \begin{cases} x_0, & x_1, & x_2, & \ldots, \\ u_0, & u_1, & u_2, & \ldots, \end{cases}$$

et soit, généralement, $\dfrac{U_{\mu\nu}}{V_{\mu\nu}}$ la fraction (1) de Cauchy qui correspond au point (μ, ν), et qui est, par suite, relative aux $\mu+\nu+1$ premiers termes des suites (2). Le déterminant

$$\Delta = V_{\mu\nu} U_{\mu'\nu'} - U_{\mu\nu} V_{\mu'\nu'}$$

est évidemment divisible par le produit $(x-x_0)(x-x_1)\ldots(x-x_m)$, où je désigne par m le plus petit des deux nombres $\mu+\nu$, $\mu'+\nu'$, et il n'est pas divisible par $x - x_{m+1}$. On en conclut que :

» *Dans chacun des trois cas où le point* (μ', ν') *est l'un des points*

$$(3) \qquad (\mu+1, \nu), \quad (\mu, \nu+1), \quad (\mu+1, \nu+1),$$

Δ *se réduit à un produit de la forme*

$$h(x-x_0)(x-x_1)(x-x_2)\ldots(x-x_{\mu+\nu}),$$

où h est une constante différente de zéro.

» Désignons maintenant par (μ'',ν'') l'un quelconque des trois points $(\mu'+1,\nu')$, $(\mu',\nu'+1)$, $(\mu'+1,\nu'+1)$; on peut énoncer ce théorème :

» *Les termes des fractions* $\frac{U_{\mu\nu}}{V_{\mu\nu}}$, $\frac{U_{\mu'\nu'}}{V_{\mu'\nu'}}$, $\frac{U_{\mu''\nu''}}{V_{\mu''\nu''}}$ *satisfont aux relations*

$$(4)\qquad \left\{\begin{array}{l}\alpha V_{\mu\nu}+aV_{\mu'\nu'}=V_{\mu''\nu''},\\ \alpha U_{\mu\nu}+aU_{\mu'\nu'}=U_{\mu''\nu''},\end{array}\right.$$

où α est, à un facteur constant près, égal à $x-x_{\mu+\nu+1}$, si (μ',ν') est l'un des deux premiers couples (3), *ou à $(x-x_{\mu+\nu+1})(x-x_{\mu+\nu+2})$, si (μ',ν') est le troisième point $(\mu+1,\nu+1)$; tandis que a est, soit une constante, soit un binome du premier degré.*

» 3. Les formules de récurrence (4) sont tout à fait analogues à celles qui, relatives aux réduites normales d'une fonction, donnent naissance aux fractions continues holoïdes de cette fonction; elles conduisent donc aussi à des fractions continues, analogues aux fractions continues holoïdes, ayant les quantités α pour numérateurs partiels et les quantités a pour dénominateurs partiels. Chacune de ces fractions continues, qui sont en nombre illimité, donnera, par ses réduites, une succession déterminée de fractions de Cauchy appartenant à la suite à double entrée de ces fractions, *les réduites successives correspondant à un nombre de plus en plus grand de termes, pris en même nombre, dans les suites* (2).

» Il y aura trois types *réguliers* analogues à ceux obtenus dans la théorie des fractions continues holoïdes régulières d'une fonction, associés chacun à une disposition caractéristique des points du plan qui correspondent aux réduites.

» La complication de la fraction de Cauchy rend actuellement difficile le calcul des coefficients qui entrent dans les éléments si simples α et a des formules de récurrence dont je viens d'établir l'existence. Seule la fraction continue qui généralise celle d'Euler s'obtient aisément en prenant sous la forme de Newton le polynome d'interpolation auquel se réduit, dans ce cas, la fraction de Cauchy. Si l'on désigne généralement par $f(x)$ une fonction qui, pour $x=x_0, x_1, x_2, \ldots$, devienne égale à $u_0, u_1, u_2, \ldots$, et par $f(x_0x_1)$, $f(x_0x_1x_2)$, ... les fonctions interpolaires des différents ordres, on trouve que :

» *Les polynomes successifs d'interpolation d'une fonction $f(x)$, qui correspondent aux valeurs x_0, x_1, x_2, ... de x, sont les réduites successives de la fraction continue*

$$\cfrac{f(x_0)}{1-\cfrac{\frac{f(x_0x_1)}{f(x_0)}(x-x_0)}{1+\frac{f(x_0x_1)}{f(x_0)}(x-x_0)-\cfrac{\frac{f(x_0x_1x_2)}{f(x_0x_1)}(x-x_1)}{1+\frac{f(x_0x_1x_2)}{f(x_1x_0)}(x-x_1)-\cfrac{\frac{f(x_0x_1x_2x_3)}{f(x_0x_1x_2)}(x-x_2)}{1+\frac{f(x_0x_1x_2x_3)}{f(x_0x_1x_2)}(x-x_2)-\ldots}}}}$$

» En supposant que toutes les quantités x_0, x_1, x_2, ... tendent vers zéro, on retrouve la fraction continue d'Euler

$$\cfrac{f(0)}{1-\cfrac{\frac{f'(0)}{1.f(0)}x}{1+\frac{f'(0)}{1.f(0)}x-\cfrac{\frac{f''(0)}{2.f'(0)}x}{1+\frac{f''(0)}{2.f'(0)}x-\cfrac{\frac{f'''(0)}{3.f''(0)}x}{1+\frac{f'''(0)}{3.f''(0)}x-\ldots}}}}$$

appliquée à la série de Maclaurin pour la fonction $f(x)$.

» Par le même passage à la limite, se déduit d'ailleurs de ce qui précède toute la théorie des fractions continues holoïdes pour une fonction à réduites normales. »

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Sur la détermination de points de repère dans le spectre.* Note de M. **Maurice Hamy**, présentée par M. Lœwy.

« La lecture de la Note de MM. Perot et Fabry, parue dans le dernier numéro des *Comptes rendus* (page 654, note), est de nature à faire supposer que la longueur d'onde de la raie rouge du cadmium, émise par mes tubes à vide, différerait de celle de la raie rouge du même métal, fournie par les tubes à électrodes intérieures de M. Michelson. Or, il n'en est rien. J'ai fait des expériences absolument démonstratives à ce sujet, dans le cours de mes recherches, et M. P. Chappuis a bien voulu entreprendre des

comparaisons, au Bureau international des Poids et Mesures, qui ne laissent, non plus, aucun doute sur l'invariabilité de cette constante. Les nombres que j'ai publiés récemment, dans les *Comptes rendus* (1), sont donc rapportés, eux aussi, à la « définition officielle du mètre ».

» Au surplus, mes résultats, concernant la raie λ 508 du cadmium, ne peuvent contredire, en quoi que ce soit, celui qui a été obtenu par M. Michelson.

» M. Michelson a employé, dans ses recherches, des tubes à électrodes intérieures, émettant un doublet λ 508, composé d'une raie brillante et d'une raie faible. La longueur d'onde qu'il a obtenue, pour cette radiation, est très sensiblement celle de la raie brillante.

» La radiation λ 508, émise par mes tubes, sans électrodes internes, est triple. Dans les conditions de mes expériences, cette radiation se compose d'une raie simple et d'un doublet égaux en intensité. Mes mesures se rapportent à la raie simple, la moins réfrangible des trois raies composant le groupe. Il n'y a rien de surprenant, étant donnée la différence de constitution de la radiation en question, fournie par le générateur de M. Michelson et par le mien, que nos résultats ne concordent pas. Cela prouve que les raies simples observées par M. Michelson et par moi, dans le voisinage de λ 508, ne sont pas les mêmes; voilà tout.

» De fait, c'est la différence de constitution de la radiation λ 508, fournie par les deux genres de tubes, qui serait à expliquer, et ce n'est d'ailleurs pas le seul point à éclaircir. M. P. Chappuis, qui a préparé tous les tubes employés, au Bureau international des Poids et Mesures, dans les déterminations de la mesure du mètre en longueurs d'ondes lumineuses, a cherché depuis, à diverses reprises, à obtenir des tubes émettant une radiation verte identique à celle que M. Michelson a utilisée dans ses recherches. Il n'y est parvenu que récemment et sans avoir pu nettement reconnaître la cause de ses insuccès (2).

» Je n'ai, quant à moi, jamais constaté aucune variation de ce genre, dans la constitution des raies émises par mes tubes à vide, même après un fonctionnement de plus de cinquante heures. Le vide parfait que l'on peut y réaliser, grâce à l'absence d'électrodes, est très certainement une des raisons de leur constance (3). »

---

(1) *Comptes rendus*, 1er semestre 1900, p. 491.

(2) Publié avec l'assentiment de M. P. Chappuis.

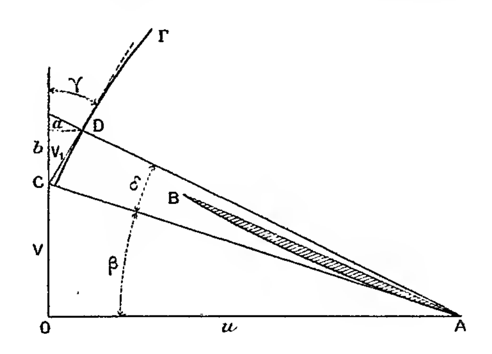
(3) L'expérience montre d'ailleurs que l'air enfermé dans ces tubes sous faible pression est absorbé, en quelques minutes, par le verre, sous l'influence de la température et de la décharge.

MÉCANIQUE. — *Théorie des hélices propulsives*. Note de M. **Rateau**, présentée par M. Haton de la Goupillière.

« Voyons rapidement les conséquences principales des hypothèses que j'ai posées dans la Communication précédente ([1]).

» Pour simplifier, je négligerai, ainsi qu'on le fait toujours en pareille circonstance, le déplacement centripète des filets d'eau à travers l'hélice et l'entraînement de l'eau par la carène.

» Soient OC la direction de l'axe de l'hélice, et CO la vitesse V du bateau; OA, la vitesse $u = \omega r$ de l'élément dS d'hélice au rayon r; AC, la



vitesse relative w_0 de l'eau par rapport à l'élément d'hélice à l'entrée; AB, la coupe cylindrique développée de l'aile.

» Quand la lame d'eau sort de l'hélice, elle prend la direction de la vitesse relative $w_1 = \text{AD}$, telle que $\text{AD} = (1 - \varepsilon)\text{AC}$, et que l'angle DAC est l'angle de déviation δ. Alors, la vitesse de l'eau, d'abord nulle, est devenue, à la sortie de l'élément d'hélice, $\text{CD} = v_1$, faisant l'angle γ avec OC. Ce sont les composantes $b = v_1 \cos\gamma$ et $a = v_1 \sin\gamma$ de cette vitesse absolue qui donnent, la première, l'impulsion élémentaire dF sur le bateau, et, la seconde, le moment résistant $d\mathfrak{M}$ à la rotation, ou encore la puissance élémentaire absorbée $d\mathfrak{T} = \omega\, d\mathfrak{M}$.

» Si dm est la masse d'eau influencée dans une seconde par l'élément dS, on a

$$(1)\qquad dF = b\,dm = v_1 \cos\gamma\, dm, \qquad \text{et} \qquad d\mathfrak{T}_m = ua\,dm = uv_1 \sin\gamma\, dm.$$

([1]) Voir *Comptes rendus*, p. 486.

» La puissance utile fournie par l'élément d'hélice est $V_0\,dF$; on a donc, pour expression du rendement élémentaire

$$(2)\qquad \rho_\beta = \frac{V_0\,dF}{d\mathfrak{T}} = \frac{V_0}{u}\cot\gamma = \operatorname{tang}\beta\cot\gamma.$$

» Pour un même angle β, le rendement est maximum lorsque γ est minimum. Or, le point D, quand δ varie, décrit une courbe Γ, qui, d'après notre hypothèse, est sensiblement un arc de cercle de centre A. Le maximum de ρ_β a lieu quand CD est tangent à cet arc Γ, c'est-à-dire lorsque

$$(3)\qquad \cos\delta_m = 1 - \varepsilon, \qquad \text{ou approximativement} \qquad \delta_m = \sqrt{2\varepsilon}.$$

» Cette valeur de δ est indépendante de β. Si ε est constant, l'angle de déviation qui procure le rendement maximum est donc le même tout le long de l'aile, et nous trouvons ainsi la propriété indiquée par M. Drzewiecki pour les angles d'attaque. On voit de plus que l'on peut, sans que le rendement s'abaisse notablement, faire varier l'angle de déviation entre des limites très écartées autour de la valeur $\sqrt{2\varepsilon}$, qui correspond au maximum, puisque le point C est très voisin de la courbe Γ.

» Posons $\gamma = \beta + \theta$, il vient approximativement

$$\operatorname{tang}\theta = \frac{\delta}{2} + \frac{\varepsilon}{\delta},$$

ce qui montre que $\operatorname{tang}\theta$ est minimum et égal à $\sqrt{2\varepsilon}$ pour $\delta = \sqrt{2\varepsilon}$.

» Puis

$$(4)\qquad \rho_\beta = \frac{\operatorname{tang}\beta}{\operatorname{tang}(\beta+\theta)} = \frac{\operatorname{tang}\beta(1-\operatorname{tang}\theta\operatorname{tang}\beta)}{\operatorname{tang}\theta + \operatorname{tang}\beta}.$$

» Cette formule du rendement élémentaire est identique à celle de M. Drzewiecki; mais nous voyons ici la valeur du coefficient $\mu = \operatorname{tang}\theta$ en fonction de δ et de ε.

» Si l'on suppose θ constant, ρ_β est une fonction de l'angle β seulement, qui est maximum et égale à $\left(\frac{1-\sin\theta}{\cos\theta}\right)^2$ pour $\operatorname{tang}\beta = \frac{1-\sin\theta}{\cos\theta}$. L'angle β qui réalise le maximum est donc un peu plus petit que 45° et voisin de 40°. Lorsque β s'écarte de cette valeur, le rendement s'abaisse lentement.

» En remplaçant, ci-dessus, γ par la valeur $\beta + \theta$, on obtient approximativement

$$(5)\qquad \begin{cases} a = V_0 \cos\theta\sin\delta(1 + \operatorname{tang}\theta\cot\beta), \\ b = u\,\cos\theta\sin\delta(1 - \operatorname{tang}\theta\operatorname{tang}\beta). \end{cases}$$

» Comme θ et δ sont de petits angles, $\cos\theta \sin\delta$ diffère très peu de δ et les parenthèses s'éloignent peu de l'unité. Si δ est constant, a est donc peu variable et b est presque proportionnel à u.

» Calculons la poussée totale donnée par les n ailes de l'hélice, en distinguant la partie centrale, du rayon r_0 au rayon r_x, où tout le cylindre d'eau est attaqué, et la partie extérieure, du rayon r_x au rayon r_1, où il n'y en a qu'une partie, conformément à notre première hypothèse. Désignons par Π le poids spécifique de l'eau.

» Dans la partie centrale, pour l'ensemble des ailes,

$$dm = \frac{\Pi}{g} V_0 \, 2\pi r \, dr,$$

et alors, si δ et θ sont constants,

$$(6) \qquad F_c = 2\pi \frac{\Pi}{g} \cos\theta \sin\delta \, V_0 \omega \int_{r_0}^{r_x} \left(r^2 - \operatorname{tang}\theta \frac{V_0}{\omega} r \right) dr.$$

» Dans la partie extérieure, si kl représente l'épaisseur des lames influencées,

$$dm = n \frac{V_0}{\sin\beta} \frac{\Pi}{g} kl \, dr;$$

et, si θ et δ sont constants,

$$(7) \qquad F_e = nk \frac{\Pi}{g} \cos\theta \sin\delta \, V_0^2 \int_{r_x}^{r_1} \frac{\cos\beta - \operatorname{tang}\theta \sin\beta}{\overline{\sin\beta}^2} l \, dr.$$

» De même, on a les formules qui donnent les puissances absorbées par les deux parties de l'hélice :

$$(8) \qquad \mathcal{E}_c = 2\pi \frac{\Pi}{g} \cos\theta \sin\delta \, V_0^2 \omega \int_{r_0}^{r_x} \left(1 + \operatorname{tang}\theta \frac{\omega}{V_0} r \right) r^2 \, dr,$$

$$(9) \qquad \mathcal{E}_e = nk \frac{\Pi}{g} \cos\theta \sin\delta \, V_0^3 \int_{r_x}^{r_1} \frac{\cos\beta + \operatorname{tang}\theta \cot\beta \cos\beta}{\overline{\sin\beta}^2} l \, dr.$$

» Les formules (7) et (9) ne diffèrent pas de celles qu'a données M. Drzewiecki en groupant les termes $k \frac{\Pi}{g} \cos\theta \sin\delta$ en un seul coefficient λ dont on voit ici la valeur.

» Je ne développerai pas ici davantage les conséquences pratiques de ma théorie. Je ferai seulement remarquer combien le coefficient de ralentissement ε de la vitesse relative fait tomber rapidement le rendement maximum, puisqu'il suffit que, par exemple, ε atteigne 1 pour 100, pour que le rende-

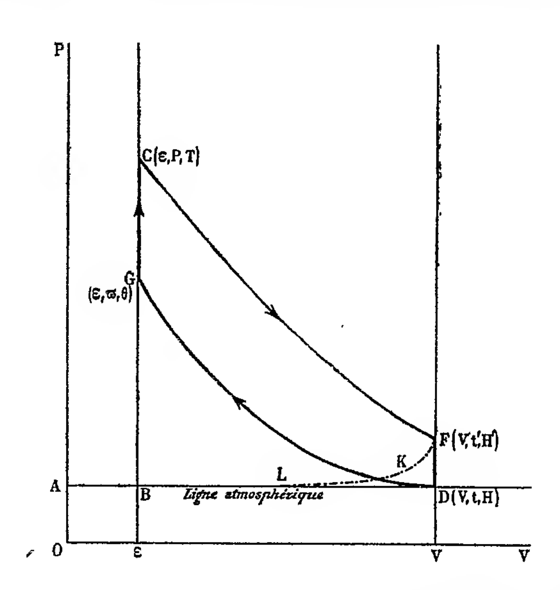
ment s'abaisse à 0,75. On s'explique ainsi l'intérêt considérable qui s'attache à rendre les surfaces des ailes aussi lisses que possible. »

THERMODYNAMIQUE. — *Sur les moteurs à gaz à explosion.* Note de M. L. Marchis, présentée par M. J. Violle.

« La théorie actuellement adoptée pour les moteurs à gaz à explosion contient, au point de vue thermodynamique, un certain nombre d'erreurs assez graves. Montrons en quoi consistent ces erreurs et comment on peut donner une théorie logique de ces moteurs.

» Nous ne nous occuperons que des moteurs à quatre temps avec compression préalable, du type Otto.

» La figure ci-dessous représente le diagramme théorique tel qu'il résulte de l'analyse des quatre temps du fonctionnement du moteur.



» *Première course.* — Déplacement du piston εB en VD; introduction du mélange explosif. L'aspiration se faisant sous une pression voisine de la pression atmosphérique, le travail utile produit sur le piston est nul.

» *Deuxième course.* — Compression adiabatique du mélange explosif de D en G.

» *Troisième course.* — Explosion à volume constant; détente adiabatique des produits de l'explosion de C en F.

» *Quatrième course.* — Expulsion des gaz brûlés. La pression décroît rapidement suivant FKLB. Le travail utile produit sur le piston est égal à l'aire négative DFKLD.

» On ne peut appliquer le principe de l'équivalence qu'aux phénomènes produits pendant les deuxième et troisième courses, parce que le système qui se transforme ne garde une masse constante que pendant ce temps.

» L'application du principe de l'équivalence aux transformations $DG + GC + CF$ donne l'équation suivante :

$$-Q_\theta + Mc'(T-\theta) - \text{aire DGCFD} = E(U_F - U_D)$$

dans laquelle Q_θ est la quantité de chaleur dégagée par l'explosion faite à volume constant et à la température θ; M, la masse du mélange explosif introduit; c', la chaleur spécifique à volume constant du mélange des produits de la combustion; $T-\theta$, l'élévation de température produite par l'explosion.

» Supposons que la réaction explosive soit adiabatique; on a alors

$$(1)\qquad -\text{aire DGCFD} = E(U_F - U_D),$$

$$(2)\qquad Q_\theta = Mc'(T-\theta).$$

» Pour calculer $(U_F - U_D)$ prenons le mélange explosif dans son état primitif en D; produisons l'explosion à la température t, puis supposons le mélange des produits de la combustion porté sous le volume V à la température t', il revient au même état final que précédemment. Le principe de l'équivalence appliqué à cette transformation donne l'équation

$$(3)\qquad -Q_t + Mc'(t'-t) = U_F - U_D.$$

» D'où, en combinant les équations (1) et (3)

$$(4)\qquad \frac{1}{E}\text{aire DGCFD} = Q_t - Mc'(t'-t).$$

» Le travail utile produit sur le piston pendant les quatre temps du fonctionnement du moteur a pour expression

$$\text{aire DGCFD} - \text{aire BLKFDB}.$$

» Le rendement thermique est donc égal à

$$\rho = \frac{\text{aire DGCFD} - \text{aire BLKFDB}}{EQ_\theta}$$

ou, en tenant compte des relations (2) et (4) et de l'équation

$$(5)\qquad Q_t - Q_\theta = M(c'-c)(\theta - t),$$

qui relie les chaleurs de combustion aux températures t et θ et où c est la

chaleur spécifique à volume constant du mélange explosif,

$$\rho = \frac{c'(\mathrm{T}-t')-c(\theta-t)}{c'(\mathrm{T}-\theta)} - \frac{\text{aire BLKFDB}}{\mathrm{EQ}_\theta}.$$

Or le dernier terme est très petit et l'on peut prendre pour expression du rendement thermique d'un cycle Otto

$$(6)\qquad \rho_1 = \frac{c'(\mathrm{T}-t')-c(\theta-t)}{c'(\mathrm{T}-\theta)}.$$

En appliquant aux transformations DG, GC, CF les lois des gaz parfaits, on sait exprimer les diverses quantités précédentes en fonction de la compression initiale $\frac{\varpi}{\mathrm{H}}$.

» Arrivons maintenant à la critique de la théorie exposée dans tous les traités sur les moteurs à gaz.

» 1° *On fait coïncider* F *et* D.

» Or en écrivant ainsi $\mathrm{H}' = \mathrm{H}$ dans les équations qui permettent de calculer les coordonnées des sommets du cycle en fonction de $\frac{\varpi}{\mathrm{H}}$, on trouve la formule

$$(7)\qquad \frac{\varpi}{\mathrm{H}} = \left(\frac{\mathrm{T}}{t}\right)^{\frac{\gamma}{\gamma-1}},$$

où γ est le rapport des deux chaleurs spécifiques du mélange explosif avant la combustion et γ' le rapport des deux chaleurs spécifiques des produits de la combustion. *Or l'équation* (7) *conduit à des valeurs inadmissibles de la compression initiale.*

» 2° *On écrit à la fois* $\mathrm{H}' = \mathrm{H}$, $\gamma' = \gamma$ (¹).

» Ces hypothèses conduisent à ce résultat : *L'explosion ne produit aucune augmentation de pression.*

» A la condition de ne pas écrire $\mathrm{H}' = \mathrm{H}$, on peut faire l'approximation $\gamma' = \gamma$. Cette approximation conduit, pour le rendement thermique, à l'expression

$$\rho_2 = 1 - \frac{t'-t}{\mathrm{T}-\theta}.$$

» Les auteurs écrivent

$$\rho'_2 = 1 - \gamma\frac{t'-t}{\mathrm{T}-\theta}.$$

(¹) M. Brillouin avait déjà signalé l'impossibilité d'une telle hypothèse. (Voir *Revue générale des Sciences*, p. 478; 30 juin 1898.)

» Cette dernière formule est fausse; on s'appuie, en effet, pour la démontrer, sur les hypothèses inexactes suivantes :

» *Première hypothèse*

$$H' = H, \qquad \gamma' = \gamma.$$

» *Deuxième hypothèse.* — Assimilation d'un moteur à gaz à explosion à un moteur à air chaud ayant un foyer intérieur; or, il n'y a aucune relation de nature entre deux telles machines.

» *Troisième hypothèse.* — Les points F et D coïncidant, l'ensemble des transformations DG + GC + CD, constitue un *cycle fermé* pendant lequel le mélange gazeux introduit (assimilé à une masse d'air qui se transforme sans réaction) emprunte à un foyer une quantité de chaleur

$$Q = Mc(T - \theta)$$

et cède à un réfrigérant une quantité de chaleur

$$q = MC'(t' - t),$$

C étant la chaleur spécifique sous pression constante des gaz qui évoluent dans le moteur. Le rendement thermique a dès lors pour valeur $\frac{Q-q}{Q}$, d'où l'on déduit l'expression considérée. Or, le cycle en question *n'est pas fermé et, d'autre part, le foyer et le réfrigérant considérés sont des fictions purement arbitraires.* »

ÉLECTRICITÉ. — *Sur l'étude expérimentale de l'excitateur de Hertz* [1].
Note de M. **R. Swyngedauw**, présentée par M. H. Poincaré.

« Les intéressantes expériences de M. Brunhes sur la vitesse des rayons X [2] m'ont suggéré l'idée d'aborder cette mesure par une autre méthode, basée sur les expériences de M. Blondlot sur la propagation des ondes électriques.

» Les difficultés que j'ai rencontrées dans cette voie m'ont amené à faire au préalable l'étude du mouvement électrique dans l'excitateur de Hertz.

» D'après MM. Poincaré et Bjerkness, l'excitateur émet une vibration

---

(1) Institut de Physique de l'Université de Lille.

(2) *Comptes rendus*, janvier 1900.

pendulaire amortie, par laquelle les intervalles des zéros consécutifs de l'intensité sont égaux.

» D'après des considérations exposées dans une Note antérieure (¹) j'ai été conduit à admettre que l'excitateur émet successivement une série d'oscillations complexes pour lesquelles les *intervalles de deux zéros consécutifs seraient inégaux.*

» La plupart des expériences fondées sur la résonance semblent confirmer la première hypothèse; cependant, MM. Drude et Lamotte ont décelé des vibrations de période multiple l'une de l'autre; ce qui semble plutôt en faveur de la seconde.

» Sans mettre en doute le principe même de la théorie de la résonance de MM. Poincaré et Bjerkness, et malgré les intéressantes expériences de M. Décombe, sur lesquelles je reviendrai d'ailleurs, je crois que la question n'est pas tranchée.

» Pour résoudre le problème aussi directement que possible, je ne pouvais songer à l'emploi du miroir tournant poussé à la dernière perfection par M. Décombe.

» J'ai déterminé l'abaissement du potentiel explosif que provoque l'étincelle hertzienne I sur un autre excitateur E chargé à un potentiel toujours le même, à des instants variables de la durée de la décharge de l'excitateur de Hertz; ces instants étant repérés à l'aide de la propagation du potentiel le long d'un fil, étudiée par M. Blondlot.

» Voici la disposition d'une expérience.

» Un excitateur de Hertz à plaques carrées P, P', de 40^{cm} de côté, dont les centres sont à $1^m,10$ de distance, est chargé par une machine de Holtz. En face des plaques P, P' du primaire on place les plaques S, S' de 12^{cm} de diamètre du secondaire à une distance de 2^{cm} à 3^{cm}. La plaque S est réunie à S' par un fil de cuivre de 160^m de long environ et $0^{mm},8$ de diamètre, médiocrement isolé.

» En partant de S le fil forme d'abord un réseau *r* de trente-neuf brins de fil parallèles en série de 92^{cm} de long, à une distance de 2^{cm} l'un de l'autre; l'extrémité de ce réseau *r* est unie à une extrémité d'un réseau R de dix-huit fils de 7^m de long, dont l'autre extrémité est fixée à S'.

» Les plaques en regard P' et S' sont réunies en outre par une corde mouillée, de sorte que, pendant la charge de l'excitateur, la plaque P est au potentiel du sol.

» Si le primaire se décharge, la charge mise en liberté sur la plaque secondaire S se propage d'abord le long du réseau *r*, puis à travers R avant d'arriver sur S'.

» Pour charger l'excitateur passif E à un potentiel toujours le même, à des instants

---

(¹) *Comptes rendus,* 15 mars 1897.

variables du temps, on emploie la méthode des deux excitateurs dérivés que j'ai décrite ailleurs ([1]).

» Un pôle de l'excitateur E et un pôle d'un excitateur identique N sont réunis au même point du fil du réseau r, par un fil de 50^{cm} environ; les autres pôles de E et N sont maintenus au potentiel du sol par commnnication permanente avec le sol (conduite de gaz) et avec l'armature interne d'un condensateur de grande capacité. Les deux excitateurs E et N sont formés de boules de laiton de $1^{cm},5$ de diamètre, fixées sur tige isolante, protégées soigneusement contre les radiations ultra-violettes et polies après chaque étincelle par du papier d'émeri fin (n° 00), conformément aux règles quc j'ai indiquées précédemment ([2]).

» Si l'on maintient N dans des conditions constantes et à l'abri des radiations électro-actives, l'étincelle y éclate toujours au même potentiel inconnu, mais constant, à moins qu'elle n'éclate auparavant en E, chargé à chaque instant au même potentiel que N.

» Si l'on compte les temps à partir du commencement de la décharge de l'excitateur de Hertz, en appelant θ le temps nécessaire pour amener le point S, origine du fil de propagation, au potentiel φ de décharge de N; si V désigne la vitesse de propagation du potentiel, et si l'on peut négliger l'amortissement de l'onde, un point M du réseau r, situé à une longueur l de S, sera chargé au potentiel φ à l'instant $\theta + \frac{l}{V}$; et, si l'on néglige la longueur de fil qui joint M à E, maintenue constante; si l'excitateur E est à une distance d de l'étincelle excitatrice I, si V' représente la vitesse de la lumière, *l'excitateur* E *sera chargé au potentiel* φ *pendant qu'il est éclairé par de la lumière émise par l'étincelle* I *à l'instant* $\theta + \frac{l}{V} - \frac{d}{V'}$.

» Si donc on maintient d constant et si l'on fait varier l, ou inversement, on pourra observer l'allongement de la distance explosive E sous l'influence de la lumière émise par l'étincelle à des instants variables.

» Je me bornerai à mentionner le résultat d'une de mes expériences, répétée à trois reprises différentes.

» L'excitateur N étant maintenu à une distance *constante* de $0^{mm},20$ environ, la distance E passe par des maxima et des minima nettement accentués quand on fait varier la longueur du fil comprise entre S et M.

» *Les minima qui correspondent aux zéros de l'intensité du courant dans l'excitateur ne sont pas équidistants.* A partir du point origine, les intervalles des zéros consécutifs comprennent 2, 2, 4, 6, 7, 8 brins de fil de $0^{mm},92$ de long.

» La discussion complète et précise exige l'étude préalable de plusieurs

---

([1]) *Comptes rendus,* 8 juillet 1895, et *Thèse,* Paris, mai 1897.
([2]) *Thèse,* p. 22, et *Comptes rendus,* 8 juillet 1895.

faits et notamment la comparaison de la vitesse de l'onde électrique à la vitesse des radiations électro-actives de l'excitateur de Hertz. »

ÉLECTRICITÉ. — *Sur la capacité des conducteurs symétriques soumis à des tensions polyphasées.* Note de M. **Ch.-Eug. Guye**, présentée par M. Lippmann.

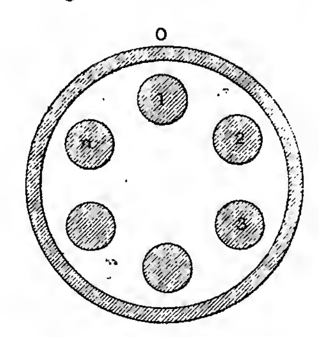
« On appelle généralement *capacité d'un conducteur* (I), la charge que prend ce conducteur quand son potentiel est égal à l'unité et que celui de tous les autres conducteurs en présence est nul.

» La capacité, ainsi définie, a pour expression $\gamma_{1.1} = \frac{m_1}{v_1}$; si les conducteurs sont immobiles, si le milieu qui les sépare possède un pouvoir inducteur spécifique constant, $\gamma_{1.1}$ conserve la même valeur quelle que soit la variation de v en fonction du temps; à la condition, naturellement, que cette variation soit assez lente pour que l'équilibre électrostatique puisse être considéré comme instantanément atteint.

» Mais, au lieu de supposer tous les conducteurs en présence au potentiel zéro, on peut spécifier pour un ou plusieurs d'entre eux un état déterminé; par exemple : un potentiel variable avec le temps suivant une certaine loi.

» Dans ce cas, le rapport de la charge au potentiel du conducteur (I), soit $\gamma'_1 = \frac{m_1}{v_1}$, n'a plus nécessairement une valeur constante. Tel est le cas, en général, de conducteurs soumis à des tensions polyphasées.

» Toutefois, pour une catégorie de conducteurs que l'on pourrait ap-



peler *conducteurs polyphasés symétriques* (voir la figure), la valeur de γ'_1 demeure constante.

» Considérons, en effet, un système de n conducteurs parallèles, représentés en section (figure). Ces conducteurs sont disposés symétriquement et entourés complètement par une armure (O).

» Les équations de l'équilibre électrostatique sont

$$m_0 = \gamma_{0,0} v_0 + \gamma_{0,1} v_1 + \ldots + \gamma_{0,n} v_n,$$
$$\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots,$$
$$m_n = \gamma_{n,n} v_n + \gamma_{n,0} v_0 + \ldots + \gamma_{n,n-1} v_{n-1},$$

avec les conditions

$$v_0 = 0,$$

si l'armure est à la terre, et

$$v_1 + v_2 + \ldots + v_n = 0,$$

si les tensions sont polyphasées.

» Mais la symétrie de la figure simplifie considérablement les équations générales.

» En premier lieu l'égalité

$$\gamma_{0,1} = \gamma_{0,2} = \ldots = \gamma_{0,n}$$

donne immédiatement $m_0 = 0$.

» *La somme des charges qui recouvrent intérieurement l'armure est donc à chaque instant algébriquement nulle.*

» En second lieu, la charge qui recouvre l'un des conducteurs intérieurs a pour expression

$$m_1 = \gamma_{1.1} v_1 + \gamma_{1.2}(v_2 + v_n) + \gamma_{1.3}(v_3 + v_{n-1}) + \ldots \qquad (n \text{ impair}),$$
$$m_1 = \gamma_{1.1} v_1 + \gamma_{1.2}(v_2 + v_n) + \gamma_{1.3}(v_3 + v_{n-1}) + \ldots + \gamma_{\frac{n}{2}+1} v_{\frac{n}{2}+1} \qquad (n \text{ pair}).$$

» D'autre part, les tensions étant polyphasées de la forme

$$v_1 = \mathrm{V} \sin \omega t,$$
$$v_2 = \mathrm{V} \sin\left(\omega t + \frac{2\pi}{n}\right),$$
$$\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots,$$
$$v_n = \mathrm{V} \sin\left(\omega t - \frac{2\pi}{n}\right),$$

il en résulte

$$\varphi_2 + \varphi_n = 2\cos\left(\frac{2\pi}{n}\right)\varphi_1,$$

$$\varphi_3 + \varphi_{n-1} = 2\cos\left(\frac{4\pi}{n}\right)\varphi_1,$$

$$\dots\dots\dots\dots\dots,$$

$$\varphi_{\frac{n}{2}+1} = -\varphi_1.$$

» On aura, en définitive,

$$m_1 = \left[\gamma_{1.1} + 2\cos\left(\frac{2\pi}{n}\right)\gamma_{1.2} + 2\cos\left(\frac{4\pi}{n}\right)\gamma_{1.3} + \dots\right]\varphi_1 \qquad (n \text{ impair}),$$

$$m_1 = \left[\gamma_{1.1} + 2\cos\left(\frac{2\pi}{n}\right)\gamma_{1.2} + 2\cos\left(\frac{4\pi}{n}\right)\gamma_{1.3} + \dots - \gamma_{\frac{n}{2}+1}\right]\varphi_1 \qquad (n \text{ pair}).$$

» Soit, d'une façon générale,

$$\gamma'_1 = \frac{m_1}{\varphi_1} = \text{const.}$$

» *Le rapport de la charge au potentiel du conducteur demeure donc constant, quel que soit l'instant considéré,* et la notion de capacité d'un conducteur de ligne polyphasée prend alors une signification précise, permettant de calculer directement le courant de charge du conducteur.

» La même notion peut s'étendre à un système de n conducteurs symétriques soumis à des tensions polyphasées et placé en présence d'un plan conducteur indéfini au potentiel zéro (sol), à la condition que la distance du système au plan soit suffisante pour que la relation

$$\gamma_{0.1} = \gamma_{0.2} = \dots \gamma_{0.n}$$

soit pratiquement satisfaite. »

PHYSICO-CHIMIE. — *Sur le volume minimum des fluides.* Note de M. **Daniel Berthelot**, présentée par M. H. Becquerel.

« Lorsqu'on abaisse progressivement la température d'un fluide ou lorsqu'on augmente de plus en plus la pression exercée sur lui, son volume diminue mais paraît tendre vers une limite finie que l'on désigne sous le nom de *covolume*.

» D'après la théorie de Van der Waals, cette limite serait, dans un cas comme dans l'autre, égale au tiers du volume critique.

» Mais l'expérience indique dans les deux cas une valeur notablement plus basse. M. Mathias a fait remarquer que le volume d'un grand nombre de liquides est déjà réduit, un peu avant le point de solidification, au tiers du volume critique v_c. Comme la température de solidification T_f est généralement voisine de la moitié de la température critique T_c, il est clair qu'au zéro absolu le volume minimum serait inférieur à $0,333\,v_c$. On constate d'ailleurs que pour divers corps dont le point de fusion est inférieur à $0,5\,T_c$ (chlorures d'étain et de carbone, sulfure de carbone, etc.) le volume liquide près de la solidification est déjà plus petit que le tiers du volume critique.

» Une conclusion analogue se dégage des observations faites sur les gaz ou les liquides fortement comprimés. La formule de Van der Waals représente assez bien leur compressibilité tant que la pression ne dépasse pas quinze fois la pression critique. Au delà elle indique une compressibilité trop faible [1]. Les expériences d'Amagat nous donnent par exemple, pour la valeur du coefficient angulaire $\frac{\pi'\upsilon' - \pi\upsilon}{\pi' - \pi}$, des isothermes en coordonnées réduites, entre 2500 et 3000 atmosphères, les valeurs 0,290 pour l'air à 45°; 0,283 pour l'air à 0°; 0,280 pour l'éther à 50°; 0,272 pour l'éther à 0°; 0,270 pour le sulfure de carbone à 0°. Toutes ces valeurs sont inférieures à la valeur limite 0,333 indiquée par la théorie.

» Le covolume ou volume minimum d'un fluide est donc inférieur au tiers du volume critique. Comme la connaissance exacte de ce covolume offre un grand intérêt pour les théories moléculaires, divers physiciens ont cherché à le calculer en extrapolant jusqu'à $\pi = \infty$ les formules de compressibilité des liquides ou jusqu'à $T = 0$ les formules de dilatation.

» Ces dernières sont celles qui donnent les résultats les moins incertains. Pourtant les formules usuelles de dilatation des liquides n'offrent qu'une valeur empirique, car elles ne tiennent pas compte de la pression. Il ne serait permis d'agir ainsi que si l'on

---

[1] Plus exactement, comme on le voit sur les courbes que j'ai publiées, elle indique dans tous les cas une compressibilité un peu trop forte de $p = 0$ à $p = 8p_c$, et un peu trop faible à partir de là; mais le désaccord ne devient très sensible qu'au delà de $p = 15\,p_c$ ou $20\,p_c$. Pour se rapprocher de l'expérience, il serait nécessaire de prendre un covolume variable avec le volume. On obtient de bons résultats en remplaçant dans l'équation réduite de Van der Waals $(\pi + 3 : \upsilon^2)\left(\upsilon - \frac{1}{3}\right) = \frac{8}{3}\theta$ le facteur $\upsilon - \frac{1}{3}$ par $\upsilon - \frac{1}{2,735 + \frac{1}{3,775\,\upsilon}}$, qui est égal à $\upsilon - \frac{1}{3}$ quand $\upsilon = 1$, mais qui pour $\pi = \infty$ donne la valeur limite $\upsilon = 0,2685$ au lieu de $\upsilon = 0,333$. Mais si l'on veut que l'équation puisse encore représenter l'ensemble de l'état fluide, cette modification en entraîne nécessairement une autre, et oblige à remplacer le dénominateur du terme $(3 : \upsilon^2)$ par un trinome du deuxième degré : la pression interne prend alors la forme $\alpha : (\upsilon^2 + 2\lambda\upsilon + \mu)$. (Cf. *Comptes rendus*, 8 janvier 1900.)

considérait la densité sous une pression égale à celle de la vapeur saturée (car cette pression même est fonction de la température). Il en résulte que ces formules sont toutes en défaut quand on approche du point critique. La légitimité de leur emploi pour une extrapolation étendue est donc fort douteuse.

» Il n'existe dans cet ordre d'idées qu'une formule satisfaisante théoriquement. C'est celle du diamètre rectiligne de MM. Cailletet et Mathias, d'après laquelle, si l'on porte en ordonnées les deux sortes de densités d'un corps (liquide et vapeur saturée) et en abscisses les températures, le lieu des milieux des ordonnées est une droite qui passe par le point critique.

» Cette formule a tous les caractères d'une loi physique rigoureuse. Elle s'applique dans toute l'étendue de l'état liquide, depuis le voisinage de la solidification jusqu'à la densité critique dont elle fournit le seul mode de détermination exact.

» Elle a été de mieux en mieux vérifiée à mesure que les expériences ont été faites avec plus de précision et sur un plus grand nombre de corps (voir notamment les beaux travaux de M. S. Young).

» Il semble donc permis de l'employer pour calculer par extrapolation le volume d'un liquide au zéro absolu. Soit v_m ce volume minimum, v_c le volume critique; posons $\upsilon_m = v_m : v_c$; au zéro absolu (et même bien avant), la densité de la vapeur saturée est négligeable auprès de celle du liquide, et la formule de MM. Cailletet et Mathias donne $\upsilon_m = 1 : 2(1+a)$, a étant une constante spéciale à chaque corps et qui peut se déduire des expériences faites sur la dilatation des liquides ([1]).

» Voici pour divers corps les valeurs de la constante a, celles du volume minimum réduit υ_m, les densités critiques d_c telles qu'on les déduit des densités des liquides et des vapeurs saturées, par la formule du diamètre, les densités minima d_m des fluides (rapportées à l'eau à 4°), les volumes minima v_o (en centimètres cubes) occupés par une molécule-gramme de chaque fluide au zéro absolu :

	Az^2.	O^2.	Cl^2.	Br^2.	CO^2.	SO^2.	C^2H^4.	CCl^4.	$SnCl^4$.	Éther.
a....	0,681	0,804	0,767	0,896	0,858	1,053	1,060	0,918	0,994	0,960
υ_m...	0,2974	0,2780	0,2827	0,2635	0,2690	0,2434	0,2426	0,2606	0,2506	0,2550
d_c...	0,333	0,429	0,587	1,084	0,464	0,520	0,212	0,556	0,741	0,2631
d_m...	1,120	1,543	2,076	4,112	1,724	2,136	0,816	2,132	2,957	1,032
v_o...	25,0	20,8	34,1	38,9	25,5	30,0	34,3	72,2	87,8	71,7

	C^6H^6.	C^6H^5Fl.	C^6H^5Cl.	C^6H^5Br.	C^6H^5I.	Pentane.	Isopentane.	Hexane.	Heptane.
a.....	0,936	0,916	0,956	0,964	0,957	0,926	0,892	0,966	1,013
υ_m....	0,2581	0,2608	0,2555	0,2545	0,2560	0,2596	0,2643	0,2543	0,2484
d_c....	0,3038	0,3543	0,3665	0,4860	0,5843	0,2324	0,2344	0,2343	0,2344
d_m....	1,176	1,358	1,434	1,910	2,282	0,896	0,887	0,921	0,944
v_o....	66,3	70,6	78,5	82,2	89,2	80,5	81,3	93,5	106,1

([1]) Voir, pour la discussion de ces expériences, dues à MM. Cailletet et Mathias, Amagat, Wroblewski, Knietsch, et surtout S. Young, les articles de M. Mathias (*Journal de Physique*, t. I, p. 53, 1892; t. II, p. 5 et 224, 1893; t. VIII, p. 407, 1899).

» Ces nombres donnent lieu à diverses remarques d'ordre chimique sur lesquelles je n'insisterai pas, notamment sur la comparaison des volumes atomiques et des volumes moléculaires; mais, comme je le montrerai dans une prochaine Communication, le principal intérêt qu'ils présentent est le suivant :

» Les écarts constatés jusqu'ici dans la loi des états correspondants disparaissent si l'on compte les volumes des fluides non pas à partir de zéro, mais à partir des covolumes tels qu'ils viennent d'être calculés, et si l'on adopte de même pour chaque corps un zéro spécial de la température. »

CHIMIE MINÉRALE. — *Action de l'eau oxygénée sur la baryte.* Note de M. DE FORCRAND.

« On sait que l'eau oxygénée, en dissolution étendue, ajoutée à de la baryte dissoute, donne presque immédiatement un précipité formé d'écailles nacrées que l'on regarde généralement comme du bioxyde de baryum hydraté. J'ai repris l'étude méthodique de cette réaction, en faisant varier les proportions d'eau oxygénée.

» Bien que le précipité soit très peu soluble, on peut, en augmentant la dilution, maintenir tous les corps dissous; cette Note résume les expériences faites dans ces conditions.

» 1° *Action de* $\frac{1}{2}H^2O^2$ ($65^{lit} = \frac{1}{2}H^2O^2$) *sur* BaO ($12^{lit}$). — Dans ce cas, et malgré la grande dilution, un précipité se forme dès la troisième minute après le mélange. En partant des indications du thermomètre pendant les deux premières minutes, alors que la liqueur est parfaitement limpide, on trouve, toutes corrections faites, $+3^{Cal},121$ pour BaO, pour la réaction sans formation de précipité.

» 2° *Action de* H^2O^2 ($97^{lit} = H^2O^2$) *sur* BaO (12^{lit}). — J'ai obtenu $+4^{Cal},350$ pour BaO. Et, en ajoutant immédiatement 2 molécules de HCl dissous, $+23^{Cal},474$. La somme est $+27^{Cal},824$ (au lieu de $+27,700$, chaleur de neutralisation de HCl par BaO).

» 3° *Action de* $2H^2O^2$ ($100^{lit} = 2H^2O^2$) *sur* BaO (12^{lit}) : $+7^{Cal},801$; H^2Cl^2 donne ensuite $+19,958$; total $+27,759$.

» 4° *Action de* $3H^2O^2$ ($77^{lit} = 3H^2O^2$) *sur* BaO (12^{lit}) : $+8^{Cal},552$; H^2Cl^2 donne $+18,984$; total $+27,536$.

» 5° *Action de* $10H^2O^2$ ($91^{lit} = 10H^2O^2$) *sur* BaO (12^{lit}) : $+12^{Cal},261$; H^2Cl^2 donne $+15,345$; total $+27,606$.

» 6° *Action de* $30H^2O^2$ ($273^{lit} = 30H^2O^2$) *sur* BaO (12^{lit}) : $+13^{Cal},586$.

» Toutes ces expériences ont été faites entre $+10°$ et $+14°$.

» Si l'on construit la courbe des quantités de chaleur dégagées $+3,121$,

+ 4,350, + 7,801, + 8,552, + 12,261, + 13,586 pour les quantités croissantes d'eau oxygénée $\frac{1}{2}$, 1, 2, 3, 10 et 30 molécules, on trouve qu'elle se compose de trois portions sensiblement droites, formant deux angles très nets, l'un au point $2H^2O^2$, l'autre au voisinage de 10 à $12H^2O^2$.

» Il semble donc qu'il peut se former dans ces dissolutions deux combinaisons successives, l'une très riche en eau oxygénée, et qui n'a pas été isolée, l'autre qui correspondrait à $BaO, 2H^2O^2$. Celle-ci est sans doute le composé défini BaO^2, H^2O^2 ou BaO^3, H^2O qui a été étudié il y a vingt ans par MM. Schœne et Berthelot.

» On peut considérer ce corps comme un mono-déhydroxylate

$$\frac{Ba}{2}O - OH,$$

ou plutôt

$$Ba\begin{cases} O - OH \\ O - OH \end{cases}.$$

» Sous cette dernière forme, sa constitution paraît analogue à celle de l'acide sulfurique. Comme lui, il doit être diacide, mais d'acidité naturellement très faible.

» Lorsqu'on ajoute BaO dissous à la dissolution de ce composé, on sature précisément les deux OH et l'on revient au système

$$Ba\begin{cases} O - O \\ O - O \end{cases}Ba.$$

ou plus simplement $2BaO^2$ ou $2BaO + 2H^2O^2$, indiqué plus haut. Cette action dégage, d'après ce qui précède, $2 \times 4,35 - 7,801$, soit $+ 0^{Cal},899$. La moyenne est de $+ 0^{Cal},45$ pour chacun des deux OH du composé BaO^4H^2. C'est une valeur acide très faible, plus grande cependant que celle de l'eau et des alcools monoatomiques, voisine de celles du glycol ou de la glycérine. Il nous apparaît donc, du moins à l'état dissous, avec les allures d'un glycol.

» Les nombres précédents + 4,35 et + 7,801 peuvent aussi être mis sous la forme suivante :

H^2O^2 dissous + $\frac{BaO}{2}$ dissous = $\frac{Ba}{2}O - OH$ dissous .... $+ 3^{Cal},900$

$\frac{Ba}{2}O - OH$ dissous + $\frac{BaO}{2}$ dissous = $\frac{Ba}{2}O - O\frac{Ba}{2}$ dissous ... $+ 0^{Cal},450$

Soit, comme moyenne, $\frac{4,35}{2}$ .... $+ 2^{Cal},175$

On a déjà ainsi une idée de la valeur acide des fonctions du diacide H^2O^2.

» Aucun alcool ne donne des nombres aussi élevés; en sens inverse, les phénols sont tous plus acides. Or, l'eau oxygénée est formée uniquement de deux hydroxyles ou oxhydryles OH. On peut donc prévoir dès à présent que la valeur thermique vraie

$$\text{OH sol.} + \text{Na sol.} = \text{H gaz} + \text{NaO sol.}$$

serait comprise entre celle de l'eau ou des alcools monoatomiques ($+31^{Cal}$ environ) et celle des phénols ($+38^{Cal}$ environ), c'est-à-dire voisine de $34^{Cal},5$.

» C'est ce que je me propose de vérifier en étendant ces recherches à d'autres métaux, le sodium notamment, et en rapportant les nombres à l'état anhydre, ce qui est possible aujourd'hui même pour l'eau oxygénée.

» J'étudierai prochainement les phénomènes compliqués et assez singuliers qui se produisent lorsque, au lieu de maintenir les corps dissous, on provoque la formation d'un précipité dans l'action de l'eau oxygénée sur la baryte. »

PHYSIQUE. — *Réponse à M.* D. Tommasi, *à propos de sa remarque recemment insérée aux « Comptes rendus »*; par M. **Th. Tommasina.** (Extrait.)

« Je ne puis comprendre la revendication que M. D. Tommasi vient de faire à l'Académie dans la séance du 26 février, à propos de ma Note du 5. En effet, dans sa Note *Sur l'électrolyse de l'eau distillée,* il ne parle pas de cristallisation métallique, et les mots *recouverte de cristaux* et *un très beau dépôt de cuivre cristallisé* n'y figurent pas. Du reste, cette question n'est pas traitée dans son Mémoire, dont le but était tout autre. »

ÉLECTROCHIMIE. — *Sur la formation électrolytique du chlorate de potassium* (¹). Note de M. **André Brochet**, présentée par M. Moissan.

« Dans une Note précédente (*Comptes rendus*, t. CXXX, p. 134), j'ai indiqué quelques résultats auxquels j'étais arrivé en électrolysant une solution de chlorure de potassium en présence de chromate. Je voudrais

(¹) École de Physique et de Chimie industrielles, laboratoire d'Électrochimie.

aujourd'hui les compléter par quelques remarques faites sur la formation du chlorate de potassium, au cours d'une première série de recherches poursuivies dans les conditions indiquées précédemment, en variant simplement la composition de l'électrolyte.

» L'alcalinité a une action très nette; avec une solution contenant seulement 1 pour 100 de potasse, on ne peut dépasser 1° chlorométrique; au contraire, avec une solution neutre contenant un peu de bichromate (et de ce fait légèrement acidifiée), on peut arriver à 7°,3 chlorométriques.

» D'une façon générale, les courbes de rendement, dans le cas d'une solution neutre (légèrement acide ou alcaline) ont une allure analogue (voir *Comptes rendus*, p. 136).

» L'action d'un alcali empêchant d'arriver à un degré chlorométrique élevé, il en résultera dans ce cas que la courbe correspondant à l'hypochlorite tend à disparaître au fur et à mesure que l'on augmente la proportion d'alcali, en même temps que la courbe du chlorate se rapproche de plus en plus de celle du chlore total et finit par se confondre avec elle.

» Si d'autre part on considère les courbes obtenues d'après les résultats de l'analyse des gaz, on remarque que la courbe correspondant à la quantité de courant absorbée par la décomposition de l'eau devient d'autant plus rapidement horizontale que l'alcalinité augmente, son point de départ s'éloignant de plus en plus du zéro.

» De sorte que, lorsque l'alcalinité dépasse un peu plus de 1 pour 100, la courbe de l'hypochlorite n'existe plus, celle du chlorate se confond avec celle du chlore total et les courbes correspondant à l'oxydation totale et à l'électrolyse de l'eau sont des droites horizontales, dès le début de l'expérience.

» Il est admis, d'après OEttel, que le chlorate peut se former soit par action primaire, soit par action secondaire. Je suis partisan, dans son ensemble, de la théorie d'OEttel et assez peu porté à admettre les autres théories d'après lesquelles la formation de l'hypochlorite ou de chlorate dépendrait de la différence de potentiel aux bornes ou autres considérations analogues.

» D'après mes recherches, je puis compléter la théorie d'OEttel et les remarques de Fœrster sur l'électrolyse des chlorures alcalins par les conclusions suivantes :

» *a. Solution froide de chlorure de potassium sensiblement neutre* (légèrement acide ou alcaline). — 1° Le chlorate se forme toujours par réaction

secondaire, le résultat de l'électrolyse étant *uniquement* de l'hypochlorite.

» 2° Cet hypochlorite se forme en utilisant *la quantité totale d'électricité* fournie à l'appareil.

» 3° L'hypochlorite est réduit en grande partie au fur et à mesure de sa formation, l'addition de chromate, comme l'a indiqué Müller, évite *dans certains cas* cette réduction.

» 4° Dès que l'hypochlorite atteint une certaine concentration, ce qui se produit d'autant plus vite lorsqu'il y a du chromate, il se transforme proportionnellement en chlorate. Pour une certaine teneur indiquée par le *degré chlorométrique limite* de la solution, à toute quantité d'hypochlorite obtenue correspond une quantité équivalente transformée en chlorate.

» 5° Cette oxydation de l'hypochlorite pour donner du chlorate se fait toujours *avec un dégagement d'oxygène*.

» 6° L'idée qu'une certaine quantité d'électricité est employée à l'électrolyse de l'eau n'est pas exacte, toute celle qui est fournie à l'appareil donne de l'hypochlorite et, de même que Müller, en solution neutre, par addition de bichromate empêche la réduction de l'hypochlorite, de même, si par un artifice quelconque on pouvait provoquer la transformation de l'hypochlorite en chlorate sans perdre d'oxygène, on arriverait à faire des chlorates en utilisant la quantité totale d'électricité fournie à l'électrolyseur.

» Comment se fait cette transformation de l'hypochlorite en chlorate avec dégagement d'oxygène?

» C'est un point que je n'ai pas encore complètement éclairci. Fœrster et Jorre ont démontré que, sous l'influence d'un excès d'acide hypochloreux, l'hypochlorite donne du chlorate, mais cette action se fait assez lentement. Peut-être est-elle due à l'électrolyse de l'hypochlorite ou de l'acide hypochloreux. Peut-être est-ce une auto-oxydation spontanée. Je suis assez porté à croire que le phénomène est assez complexe et que plusieurs réactions se produisent simultanément.

» Je crois devoir en outre faire observer le fait suivant : lorsque l'on électrolyse une solution neutre de chlorure de potassium additionnée de bichromate, le liquide, orangé au début, passe au jaune. On pourrait croire qu'il est devenu alcalin. Il n'en est rien. En effet, si l'on abandonne la solution à elle-même, on constate que du jour au lendemain le degré chlorométrique baisse énormément, et à la fin le liquide reprend peu à peu sa teinte primitive.

» Au début, l'acide chromique du bichromate donne du chromate

neutre en mettant de l'acide hypochloreux en liberté. C'est cet acide hypochloreux qui, une fois l'électrolyse terminée, provoque la transformation de l'hypochlorite en chlorate, ou plutôt, à mon avis, il s'oxyde lui-même en donnant de l'acide chlorique, lequel met en liberté une nouvelle quantité d'acide hypochloreux, et ainsi de suite tant qu'il y a de l'hypochlorite; finalement, lorsqu'il n'y en a plus, l'acide chlorique déplace alors l'acide chromique et le liquide reprend alors sa teinte orangée primitive. Au cours de cet essai, on peut constater le dégagement de bulles d'oxygène qui font flotter les cristaux de chlorate se déposant dans la solution.

» *b. Solution chaude de chlorure de potassium sensiblement neutre* (légèrement acide ou alcaline). — Dans ces conditions, le processus est identique, avec cette différence que la transformation de l'hypochlorite en chlorate se faisant plus facilement, on ne peut arriver à un degré chlorométrique aussi élevé; mais, également, on ne peut supprimer complètement l'hypochlorite; il en reste toujours dans la solution.

» *c. Solution alcaline de chlorure de potassium.* — Comme dans le cas précédent la transformation se fait plus facilement. D'autre part, d'après Œttel, il y a formation directe de chlorate de potassium; d'après Fœrster, le chlorate, dans ces conditions, est uniquement dû à une action primaire. Je ne puis ni infirmer, ni confirmer cette hypothèse; je suis cependant assez porté à croire que cette formation primaire n'a pas lieu et que le produit obtenu dans tous les cas est uniquement l'hypochlorite, même lorsqu'il ne peut être décelé dans la solution; la raison est qu'il donnerait instantanément du chlorate. Je discuterai prochainement cette question.

» Dans le cas d'une solution alcaline, l'idée d'électrolyse de l'eau revient naturellement, mais tout l'oxygène que l'on recueille n'en provient pas, une partie résultant de la destruction de l'hypochlorite. »

CHIMIE ORGANIQUE. — *Solubilité de la benzophénone.* Note de M. E. Derrien [1].

« J'ai étudié la solubilité de la benzophénone dans différents milieux. Les travaux de Zincke et les travaux plus récents de M. OEchsner de Co-

(1) Travail fait au laboratoire de M. Œchsner de Coninck, à l'Institut de Chimie de la Faculté des Sciences de Montpellier.

ninck ayant établi que la benzophénone se transforme assez facilement en une modification allotropique, j'ai eu soin de déterminer les coefficients de solubilité, à la température ordinaire ou à des températures voisines.

» Voici les résultats obtenus :

» 1. *Eau distillée.* — Insoluble à 15°,6.

» 2. *Alcool à 97°.* — 1gr de benzophénone se dissout dans 7cc,4 à 17°,6.

» 3. *Mélanges alcool et eau :*

I.	Alcool à 97°... 85 p. / Eau.......... 15 p.	1gr de B. dans 26cc:	$t = +17°,3$;
II.	Alcool à 97°... 80 p. / Eau.......... 20 p.	1gr de B. dans 45cc:	$t = +16°,8$;
III.	Alcool à 97°... 75 p. / Eau.......... 26 p.	1gr de B. dans 77cc,2:	$t = +17$;

» 6. *Alcool méthylique ordinaire rectifié.* — A +15°,2, 1gr de B. se dissout dans 15cc,6.

» 7. *Alcool méthylique pur.* — 1gr de B. se dissout dans 9cc,1 à +9°,8 et dans 7cc à +15°.

» 8. *Acétone du bisulfite.* — 1gr de B. se dissout dans 4cc à +16°.

» 9. *Éther ordinaire rectifié.* — 1gr de B. se dissout dans 5cc,7 à +12°,7.

» 10. *Éther acétique pur.* — 1gr de B. se dissout dans 5cc,2 à +9°,6.

» 11. *Ligroïne légère.* — 1gr de B. se dissout dans 14cc,8 à +14°,6.

» 12. *Sulfure de carbone.* — 1gr de B. se dissout dans 1cc,5 à +16°,1.

» 13. *Benzène pur.* — 1gr de B. se dissout dans 1cc,3 à +17°,2. De cette solution, par évaporation lente dans une éprouvette, la benzophénone cristallise en belles arborescences.

» 14. *Toluène.* — 1gr de B. se dissout dans 1cc,8 à +17°,2.

» 15. *Xylène blanc du commerce.* — 1gr de B. se dissout dans 2cc,6 à 17°,6.

» 16. *Nitrobenzine rectifiée.* — 1gr de B. se dissout dans 1cc,7 à +15°,8.

» 17. *Chloroforme ordinaire.* — 1gr de B. se dissout dans 1cc,8 à +16°,5.

» 18. *Bromoforme.* — 1gr de B. se dissout dans 3cc à +17°,3.

» 19. *Acide chlorhydrique blanc ordinaire.* — La B. y est insoluble à +16°,1.

» 20. *Acide bromhydrique fumant* ($d = 1,49$). — Insoluble à +15°,6.

» 21. *Acide sulfurique à* 66°B. — 1gr de benzophénone se dissout à +12°,8 dans 8cc de cet acide. Solution jaune foncé se décolorant et précipitant par addition d'eau.

» 22. *Acide nitrique blanc concentré.* — 1gr de B. se dissout dans 442cc de cet acide ($t = +17°$), après s'être transformé en une huile jaune surnageant l'acide.

» 23. *Acide acétique cristallisable.* — 1gr de B. se dissout dans 5cc,2 à +14°,6 et dans 3cc,7 à +17°. Dans l'acide ordinaire, solubilité bien moins grande et ne se faisant que peu à peu.

» 24. *Ammoniaque aqueuse.* — La benzophénone ne s'y dissout pas à +14°,8.

» *Essais qualitatifs.* — A la température ordinaire, la benzophénone se

dissout très peu dans l'*acide sélénique* (pas de coloration jaune comme avec SO^4H^2), lentement et faiblement dans l'*acide formique concentré*, pas du tout dans l'*eau d'iode*, beaucoup dans les *chlorures de méthylène et d'éthylène*, assez dans l'*essence de térébenthine* et extrêmement dans le *chlorure de soufre* S^2Cl^2.

» Avec l'*acide iodhydrique* coloré fumant ($d = 1{,}96$), la benzophénone donne plus ou moins rapidement (suivant que l'on opère avec des cristaux ou de la benzophénone pulvérisée) un liquide épais surnageant, fortement coloré en iode, tandis que l'acide sous-jacent s'est fortement décoloré ($t = +14°$). »

CHIMIE ORGANIQUE. — *Acide diméthylamidobenzoylbenzoique dichloré* 1.2.3.4 ([1]). Note de M. **Émile Severin.**

« En condensant l'anhydride phtalique avec les dialcoylanilines en présence du chlorure d'aluminium, MM. A. Haller et A. Guyot ([2]) ont obtenu des acides dialcoylamidobenzoylbenzoïques. Une réaction analogue se passe quand on opère avec l'anhydride tétrachlorophtalique ([3]), mais les acides dialcoylamidobenzoylbenzoïques tétrachlorés ont, sous certains rapports, une allure différente de celle des acides non chlorés.

» Nos recherches ont porté sur l'acide dichlorophtalique 1.2.3.4 de Royer ([4]) :

COOH
Cl COOH
Cl

» Cet acide a été transformé en anhydride par simple distillation, entre 129°-140°. L'anhydride nous a servi à préparer les corps suivants :

» *Acide diméthylamidobenzoylbenzoïque dichloré :*

$$C^6H^2Cl^2 \begin{cases} CO\,C^6H^4Az \begin{cases} CH^3 \\ CH^3. \end{cases} \\ COOH \end{cases}$$

([1]) Laboratoire de Chimie organique de M. Haller à la Sorbonne.

([2]) A. Haller et A. Guyot, *Comptes rendus*, t. CXIX, p. 205.

([3]) A. Haller et Umbgrowe, *Comptes rendus*, p. 8; 1899.

([4]) *Liebigs Annalen*, p. 238-350.

» Pour la préparation de cet acide, on applique l'élégante méthode qui a servi à MM. Friedel et Crafts pour la synthèse de l'acide benzylbenzoïque. On fait réagir la diméthylaniline sur l'anhydride dichlorophtalique, en présence du chlorure d'aluminium.

» L'opération se fait dans les conditions qui ont été recommandées par MM. Haller et Guyot pour les acides dialcoylamidobenzoylbenzoïques. Quand la réaction est terminée, on élimine l'excès de sulfure de carbone, et l'on traite l'huile brune qui reste par une solution de 25^{cc} d'acide sulfurique dans un litre d'eau. L'acide dichloré se sépare sous la forme d'une masse jaune ou verdâtre, que l'on transforme en sel de soude par le carbonate de soude. On décolore au noir animal, on décompose le sel de soude par l'acide sulfurique à 20 pour 100. Il se précipite de l'acide jaune, que l'on fait cristalliser dans l'alcool éthylique. Le rendement est de 60 pour 100.

» L'acide diméthylamidobenzoylbenzoïque dichloré cristallise en paillettes jaunes fondant à 222°. Il est insoluble dans l'eau froide, peu soluble dans l'eau chaude, assez soluble dans l'alcool éthylique et l'éther, mais soluble dans l'alcool méthylique.

» *Anhydride acétyldiméthylamidobenzoylbenzoïque chloré :*

$$C^6H^2Cl^2\begin{cases} CO\,C^6H^4Az\begin{cases} CH^2 \\ CH^3. \end{cases} \\ CO\diagdown \\ \qquad\quad O \\ CH^3 - CO\diagup \end{cases}$$

On chauffe au bain-marie pendant deux heures une partie d'acide avec trois parties d'anhydride acétique et l'on obtient par refroidissement une masse cristalline qui, reprise par le benzène bouillant et l'alcool à chaud, laisse déposer des paillettes brillantes d'anhydride mixte. La liqueur elle-même, distillée dans le vide jusqu'à consistance sirupeuse, et reprise par un mélange de benzène et d'alcool à chaud, laisse déposer les mêmes paillettes blanches fondant à 170°.

» *Éther méthylique :* $C^6H^2Cl^2\begin{cases} CO\,C^6H^4Az\begin{cases} CH^3 \\ CH^3. \end{cases} \\ CO\,OCH^3 \end{cases}$ — En essayant de préparer cet éther par la méthode ordinaire, éthérification par l'intermédiaire de l'acide chlorhydrique sec, on n'obtient que le chlorhydrate de l'acide. Il se comporte donc comme l'acide tétrachloré cité plus haut et entre dans la catégorie des acides difficilement éthérifiables étudiés par M. V. Meyer [1].

» On prépare cet éther en traitant l'anhydride mixte par du méthylate de soude en quantité calculée. Avec un excès de soude, on obtient exclusivement le sel de soude de mon acide,

$$C^6H^2Cl^2\begin{cases} CO\,C^6H^4Az(CH^3)^2 \\ CO\,O\,CO\,CH^3 \end{cases} + CH^3O\,Na = CH^3CO\,O\,Na + C^6H^2Cl^2\begin{cases} CO\,C^6H^4Az(CH^3)^2 \\ CO\,O\,CH^3 \end{cases},$$

cristaux blancs très réfrangibles, fondant à 160° et donnant par saponification l'acide fondant à 222°.

([1]) *Berichte*, t. XXVII, p. 1586; t. XXIX, p. 842, 1399, et t. XXXI, p. 504.

» L'*éther éthylique* : $C^6H^2Cl^2\langle{}^{COC^6H^4Az(CH^3)^2}_{COOC^2H^5}$ se prépare de la même manière que son homologue inférieur, mais le rendement est plus mauvais. Petites aiguilles blanches fondant à 156° et donnant par saponification l'acide fondant à 222°.

» Le *dérivé nitrosé* : $C^6H^2Cl^2\langle{}^{COC^6H^3Az(CH^3)^2}_{COOH \quad \diagdown AzO}$ se prépare par l'action du nitrite de soude sur la dissolution acétique de l'acide diméthylamidobenzoylbenzoïque dichloré.

» On évapore la solution dans le vide pour éliminer l'excès d'acide acétique. On transforme le dérivé formé en sel de soude; on laisse déposer pendant vingt-quatre heures; le sel séparé est sursaturé d'acide sulfurique à 20 pour 100. On fait cristalliser le dérivé dans l'alcool méthylique bouillant.

» Petites aiguilles jaunes. Cristallise avec une molécule d'alcool qu'il prend à l'air en brunissant.

» Il fond à 165° et se dissout dans tous les dissolvants organiques ordinaires.

» L'analyse conduit à la formule $C^{16}H^{12}O^4Az^2Cl^2$. »

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les acétals de phénols* (¹). Note de M. R. Fosse.

» Si les acétals d'alcools sont bien connus, il n'en est pas de même des acétals de phénols. On connaît la plupart des acétals méthyléniques de formule : $CH^2\langle{}^{OC^xH^{y-1}}_{OC^xH^{y-1}}$, Claisen (²) a préparé les acétals éthylidéniques et benzylidéniques du naphtol β. M. Causse (³) a préparé l'éthène résorcine, le chloral résorcine et l'éthène pyrogallol. M. Ch. Moureu (⁴) a obtenu un acétal mixte d'alcool et de phénol, d'un type jusqu'alors inconnu : l'éthoxyléthane-pyrocatéchine $C^6H^4\langle{}^{OCH^2}_{OCH - OC^2H^5}$. M. R. Fosse (⁵) a décrit le méthylène, l'éthylidène, le benzylidène-dioxydinaphtylène ou acétals du β binaphtol.

» On ne peut pas en général préparer les acétals de phénols comme ceux d'alcools. Lorsqu'on fait réagir les aldéhydes sur les phénols, soit en

(¹) Travail fait au laboratoire de M. Haller.
(²) *D. ch. G.*, t. XIX, p. 3316.
(³) *Bull. Soc. chim.*, t. XLVII, p. 4, 88, 146, 738.
(⁴) *Bull. Soc. chim.*, p. 762; 1898.
(⁵) *Thèse Fac. Sciences Paris*, 1899, et *Bull. Soc. chim.*, t. XXI, p. 653.

présence d'acides soit en présence de déshydratants, on n'obtient pas en général d'acétals, mais des produits de condensation biphénoliques découverts par Baeyer, répondant à la formule : $R - CH \begin{cases} C^x H^{y-2} - OH \\ C^x H^{y-2} - OH \end{cases}$.

» Les atomes de carbone qui se soudent avec le $(CH)'''$ aldéhydique sont considérés comme étant situés en para vis-à-vis des OH, ainsi que l'indique le schéma

$$HO\langle\;\rangle - \underset{\displaystyle R}{\underset{|}{CH}} - \langle\;\rangle OH.$$

» Dans le cas des naphtols, cette hypothèse se trouve confirmée par Claisen.

» Le naphtol α, dont la position para est libre, donne un composé biphénolique ; le naphtol β, dont la position para est prise, donne un acétal :

$$HO\langle\;\rangle - \underset{\displaystyle R}{\underset{|}{CH}} - \langle\;\rangle OH \qquad \langle\;\rangle - O - \underset{\displaystyle R}{\underset{|}{CH}} - O - \langle\;\rangle$$

» Ayant obtenu facilement les acétals du binaphtol β par double décomposition entre les chlorures aldéhydiques et le binaphtolate sodique suivant l'équation :

$$C^6H^5 - CH = Cl^2 + \begin{matrix} C^{10}H^6 - O - Na \\ | \\ C^{10}H^6 - O - Na \end{matrix} = 2\,NaCl + C^6H^5 - OH \begin{cases} OC^{10}H^6 \\ | \\ OC^{10}H^6 \end{cases},$$

je me suis proposé de préparer par ce procédé les acétals inconnus. Tawildarow a obtenu des traces d'acétal ordinaire par l'action du bromure d'éthylidène sur l'éthylate de sodium.

» *Préparation de l'acétal du phénol* $CH^3 - CH \begin{cases} OC^6H_5 \\ OC^6H^5 \end{cases}$, *Éthènedioxydiphényle non symétrique*. — On a obtenu ce corps en chauffant en tube clos à 120° 2 molécules de phénol, 2 molécules de potasse en solution dans l'eau, plus 1 molécule de chlorure d'éthylidène, le tout additionné d'alcool pour dissoudre en partie ce dernier. Le contenu des tubes est traité par un grand excès de potasse pour dissoudre le phénol, en agitant avec de l'éther on rassemble la partie insoluble. La solution éthérée est séchée sur du chlorure de calcium, l'éther est chassé et le résidu huileux distillé dans le vide. Il passe d'abord un peu de phénol, puis le thermomètre monte brusquement en un point fixe jusqu'à la fin. La dernière portion est rectifiée à nouveau en recueillant ce qui passe à 174°-176° sous 27^{mm}.

» L'analyse, la cryoscopie, la saponification de ce corps font bien voir que c'est l'acétal du phénol $CH^3 - CH\begin{smallmatrix}\diagup OC^6H^5\\ \diagdown OC^6H^5\end{smallmatrix}$.

» La cryoscopie donne : M = 200. Théorie : M = 214.

» La saponification par l'acide sulfurique dilué donne de l'aldéhyde et du phénol. L'acétal se décompose suivant :

$$CH^3 - CH\begin{smallmatrix}\diagup OC^6H^5\\ \diagdown OC^6H^5\end{smallmatrix} + H^2O = CH^3 - CHO + 2C^6H^5OH.$$

» *Caractérisation de l'aldéhyde.* — Dans un petit ballon à distiller on a placé 1^{gr} d'acétal, 10^{gr} d'acide sulfurique étendu de son volume d'eau, on a chauffé quelques minutes, en recueillant les vapeurs dans un tube à essai contenant de la fuchsine décolorée par SO^2, la fuchsine se recolore. On perçoit très bien à l'odorat les vapeurs d'aldéhyde.

» *Caractérisation du phénol.* — On distille quelques gouttes; en même temps que de l'eau passent des gouttelettes de phénol très sensible à l'odeur. Par l'eau de brome on obtient un précipité volumineux qui, séché et sublimé, donne de belles aiguilles fondant à 93°, ce qui correspond bien au tribromophénol (point de fusion : 95°).

» *Propriétés de l'acétal.* — C'est un liquide huileux, légèrement ambré, à odeur aromatique, insoluble dans l'eau, dans les alcalis, soluble dans l'alcool, le benzène et l'éther. Il cristallise dans le chlorure de méthyle en une masse cristalline qui fond à +10°. Il est entraînable par la vapeur d'eau.

» *Préparation de l'acétal du naphtol* α $CH^3 - CH\begin{smallmatrix}\diagup OC^{10}H^7\\ \diagdown OC^{10}H^7\end{smallmatrix}$. On l'a obtenu soit en chauffant en tube clos à 120° une solution alcoolique contenant les quantités théoriques de sodium, de naphtol α et de chlorure d'éthylidène, soit en chauffant une solution aqueuse de 2 molécules de naphtol α, 2 molécules de potasse, 1 molécule de chlorure d'éthylidène avec assez d'alcool pour dissoudre ce dernier. On isole par les alcalis une matière pâteuse rouge foncé, par ébullition avec du noir animal de la solution alcoolique de cette substance jusqu'à décoloration complète et filtration, on obtient, par évaporation dans le vide, de belles aiguilles incolores fondant à 117°.

» L'analyse et la saponification démontrent que ce corps est l'acétal du naphtol α.

» *Saponification.* — Chauffé avec de l'acide sulfurique dilué l'acétal se décompose, d'une part en aldéhyde qu'on a caractérisé par le réactif de Schiff, d'autre part en naphtol α reconnaissable à son odeur, à son point de fusion, à sa coloration violet foncé par l'hypobromite.

» Dans une prochaine Note je me propose de décrire de nouveaux acétals obtenus avec M. J. Ettlinger. »

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Remarques sur les transformations de la matière organique pendant la germination* (¹). Note de M. **G. André**.

« J'ai décrit récemment (*Comptes rendus*, t. CXXIX, p. 1262, 1899) les variations que subissent les matières minérales dans les premiers temps de la germination du Haricot d'Espagne, en arrêtant cette étude au moment où la plante pèse à peu près autant que la graine initiale. Je désire aujourd'hui présenter quelques observations sur les variations concomitantes de la matière organique.

» Voici, sous forme de Tableau sommaire, quelques-uns seulement des résultats que j'ai obtenus, rapportés à 100 graines ou plantules sèches.

		Poids de la matière séchée à 110°.	Azote total.	Asparagine.	Azote amidé soluble total, y compris celui de l'asparagine.	Hydrates de carbone solubles dans l'eau.	Amidon et celluloses saccharifiables.	Cellulose insoluble.
		gr	gr	gr	gr	gr	gr	gr
Deuxième série.	26 mai 1899; 100 graines.	111,75	3,52	0,69	0,59	»	»	»
	1. 2 juin; 100 plantules...	109,81	3,55	1,17	0,91	»	»	»
	2. 5 » 100 » ...	102,43	3,49	2,07	1,33	»	»	»
	3. 8 » 100 » ...	88,89	3,54	1,87	1,64	»	»	»
	4. 13 » 100 » ...	97,50	3,82	1,23	1,30	»	»	»
	5. 20 » 100 » ...	147,00	5,29	1,02	1,52	»	»	»
Troisième série.	26 juin 1899; 100 graines.	116,95	3,61	1,03	0,85	7,63	62,07	8,20
	1. 3 juill.; 100 plantules...	98,50	3,47	0,99	1,22	4,85	53,84	6,86
	2. 5 » 100 » ...	99,71	3,64	1,28	1,48	5,51	52,40	8,81
	3. 8 » 100 » ..	84,34	3,41	2,00	1,96	4,81	34,49	10,77
	4. 11 » 100 » ...	77,89	3,47	1,54	1,68	5,87	20,18	10,02
	5. 15 » 100 » ...	105,66	4,56	1,39	1,88	4,64	16,40	16,50
	6. 19 » 100 » ...	133,55	5,97	1,73	2,34	4,63	14,61	23,66
Quatrième série.	29 août 1899; 100 graines.	109,12	4,25	0,65	1,07	8,45	49,64	7,60
	1. 6 sept.; 100 plantules...	96,06	4,06	1,26	1,43	2,98	44,17	8,25
	2. 8 » 100 » ...	85,79	3,97	1,96	2,05	1,91	28,78	9,46
	3. 13 » 100 » ...	78,69	3,95	2,87	2,18	2,23	17,86	10,70
	4. 18 » 100 » ...	96,00	4,39	2,47	2,19	2,69	16,77	14,30
	5. 20 » 100 » ...	99,68	4,79	2,35	2,37	1,56	15,46	15,13
	6. 25 » 100 » ...	137,27	5,62	2,10	2,62	8,50	24,07	20,49

(¹) Laboratoire du Collège de France.

» *Azote.* — On sait que, tant que la plantule issue de la graine pèse moins que celle-ci, le poids de l'azote total ne subit que des variations insignifiantes. Si l'on examine comment se comporte l'azote sous ses différentes formes, voici ce que l'on trouve. L'asparagine est, à tous moments de la germination normale que j'ai étudiée, peu abondante. L'ébullition d'un poids connu de matière sèche avec l'acide acétique (à 2 ou 3 pour 100) fournit, après filtration, un liquide contenant l'asparagine dédoublée en aspartate d'ammonium qu'il suffit de faire bouillir avec de la potasse étendue pendant une demi-heure pour obtenir, à l'état d'ammoniaque, la moitié de l'azote de l'asparagine ([1]). Celle-ci peut donc être facilement dosée. Le liquide acide tient également en dissolution certains albuminoïdes ou acides amidés sur lesquels la potasse étendue est sans action. La quantité d'azote protéique qui demeure à l'état insoluble dans ce traitement est exactement la même que celle que l'on obtient par l'emploi de la méthode de Stützer. En ce qui concerne l'asparagine, on remarquera que celle-ci présente son poids maximum à peu près au moment où la plantule a subi la plus grande perte de poids sec; elle diminue ensuite assez régulièrement. A l'époque du maximum, l'azote de cette asparagine représente, au plus, 6 à 7 pour 100 de l'azote total. L'azote amidé soluble, rapporté à 100 unités sèches, augmente depuis le début de la germination; mais si sa diminution ultérieure est d'abord parallèle à celle de l'asparagine, il se relève bientôt, ce qui indique que c'est aux dépens de cet azote soluble, destiné à se déplacer, que va se former l'azote albuminoïde insoluble du nouveau végétal. La régénération d'albuminoïdes insolubles se fait donc, comme M. N. Prianischnikow vient de le montrer ([2]), aussi bien aux dépens de l'asparagine que de l'azote des acides amidés, l'action de ceux-ci pouvant être prépondérante.

» Ce relèvement dans le poids de l'azote soluble coïncide également avec le moment où la plantule commence à absorber de l'acide phosphorique, dont le taux était, jusque-là, à peu près invariable.

» *Hydrates de carbone solubles.* — Ceux-ci ont été extraits par de l'alcool

---

([1]) J'ai vérifié, sur de l'asparagine pure, qu'un semblable traitement produisait quantitativement son dédoublement. J'ajouterai que la dessiccation à 110° dans un courant d'air d'une plante, même fortement étiolée, ne dégage que des traces d'ammoniaque, ainsi que je m'en suis assuré.

([2]) *Die Rückbildung der Eiweissstoffe aus deren Zerfallsprodukten* (*Land. Vers. Stat.*, LII, 347; 1899).

à 60 pour 100 tiède. On les a convertis pour le dosage en sucre réducteur par ébullition avec de l'acide chlorhydrique dilué. Leur quantité est notable dans la graine elle-même; elle diminue au fur et à mesure des progrès de la germination. Leur préexistence dans la graine et leur diminution ultérieure montrent qu'ils ne semblent pas devoir provenir de la solubilisation de l'amidon et qu'ils sont brûlés directement, en partie du moins, par la respiration.

» *Amidon et celluloses saccharifiables par les acides étendus à* 100°. — Ces hydrates de carbone présentent la relation bien connue d'une diminution progressive et considérable depuis le début de la germination jusqu'au moment où la plantule pèse plus que sa graine. On les a calculés en glucose. D'après le tableau des expériences, on voit qu'à l'instant où la plante, après avoir diminué constamment de poids sec, récupère peu à peu, par le jeu de la fonction chlorophyllienne et par une énergique absorption de substances fixes, une partie de la matière qu'elle a perdue, la perte d'amidon et de cellulose saccharifiable n'est pas encore maxima.

» *Cellulose*. — La cellulose proprement dite, non saccharifiable par les acides étendus, et soluble dans le réactif Schweitzer, augmente au contraire avec une grande régularité depuis le début de la germination. Elle subit un accroissement de poids considérable dès que la plante pèse plus que sa graine. Ce dernier accroissement est dû à la transformation de l'amidon de nouvelle formation, dont le poids éprouve parfois, à ce moment, une forte augmentation. Peut-être même une partie de celui-ci s'organise-t-elle si rapidement en cellulose, que sa présence n'est que transitoire. A cette augmentation rapide de la cellulose, alors que la plantule se rapproche du poids de la graine initiale et va dépasser ce poids, correspond une absorption considérable de la silice et de la chaux. Il semble que l'on puisse constater encore une fois la relation remarquable qui lie l'union de la cellulose avec certains éléments minéraux.

» Je présenterai tous les chiffres de mes expériences et développerai les données qui précèdent dans un Mémoire plus étendu, qui sera publié dans un autre Recueil, et je compte publier prochainement quelques observations relatives aux variations de la matière minérale et de la matière organique pendant la végétation d'une graine à l'obscurité absolue. »

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Les hydrates de carbone de réserve des graines de Luzerne et de Fenugrec.* Note de MM. **Em. Bourquelot** et **H. Hérissey.**

« S'il est facile de séparer à la main l'albumen des graines de Caroubier et de Canéficier ([1]), il n'en va pas de même avec les graines de Luzerne et de Fenugrec. Ces dernières graines sont trop petites et, de plus, leur albumen, différant en cela de l'albumen des premières, se transforme rapidement en mucilage dès qu'on les met à tremper dans l'eau.

» Il fallait donc, pour étudier les hydrates de carbone contenus dans ces albumens, recourir à un procédé de dissolution permettant de les isoler. Ce procédé, nous l'avons emprunté à M. Müntz qui, dès 1882, l'a imaginé pour retirer des graines de Luzerne le principe qu'il a appelé *galactine* ([2]).

» La galactine constitue, en réalité, l'hydrate de carbone de réserve des graines de Luzerne. On sait, en effet, que M. Müntz a établi que, traitée par l'acide sulfurique étendu, elle donne du galactose, — sucre qu'on obtenait ainsi pour la première fois, avec un principe immédiat autre que le lactose, — et un second sucre qu'il n'a pu faire cristalliser. On verra plus loin que celui-ci est du mannose, sucre absolument inconnu à l'époque des intéressantes recherches que nous venons de rappeler.

» Le procédé de M. Müntz se résume dans les opérations suivantes : faire macérer la graine pulvérisée dans une solution d'acétate neutre de plomb, décanter le liquide éclairci par le repos, l'additionner d'acide oxalique, de façon à précipiter l'excès de plomb, filtrer et précipiter l'hydrate de carbone par addition d'alcool. Voici, d'ailleurs, quelques détails sur la façon dont nous l'avons appliqué et sur les résultats qu'il nous a fournis :

» I. *Graine de Luzerne :*

Graines de Luzerne moulues	400gr
Acétate de plomb cristallisé	40
Eau distillée	4000

([1]) *Comptes rendus*, t. CXXIX, p. 228, 1899, et *Volume jubilaire de la Société de Biologie*, p. 388; 1899.

([2]) *Sur la galactine* (*Annales de Chimie et de Physique*, 5e série, t. XXVI, p. 121 1882).

» On fait macérer la poudre de graine de Luzerne dans la solution d'acétate de plomb, pendant deux jours, en ayant soin d'agiter de temps en temps. On jette sur un linge grossier, et, quand le liquide visqueux s'est égoutté, on le porte à la cave où on le laisse au repos pendant deux ou trois jours. On décante, on filtre et, au liquide limpide obtenu, on ajoute, pour 1000^{cc}, 2^{gr} d'acide oxalique préalablement dissous dans une petite quantité d'eau. On laisse de nouveau reposer pendant vingt-quatre heures, on filtre et l'on additionne le liquide filtré de 1 volume $\frac{1}{2}$ d'alcool à 90°. L'hydrate de carbone se précipite en flocons blancs, un peu filamenteux, qui se rassemblent au fond du vase.

» On recueille le précipité sur un filtre, on le lave à l'alcool à 90°, puis on le délaie dans de l'alcool à 95° qu'on porte à l'ébullition. Finalement, après séparation de l'alcool, on l'exprime entre des feuilles de papier à filtrer et on le fait sécher dans le vide sulfurique.

» Le produit ainsi obtenu est presque pulvérulent, très léger et tout à fait blanc. Pour l'avoir complètement sec, il faut le maintenir à l'étuve à 100° pendant quelque temps. Lorsqu'on le met dans l'eau, il se gonfle d'abord, puis se dissout lentement en donnant une solution incolore, visqueuse, très légèrement opalescente.

» Il est dextrogyre : son pouvoir rotatoire α_D a été trouvé égal à $+84°,26$ (M. Müntz indique $+84°,5$ pour son produit).

» Pour effectuer l'hydrolyse, on a opéré avec le mélange suivant :

Hydrate de carbone sec	$2^{gr},416$
Acide sulfurique	$2^{gr},50$
Eau	q. s. pour faire 100^{cc}

» On a chauffé à l'autoclave à 110° pendant deux heures.

» L'analyse du liquide a accusé la formation de $2^{gr},38$ de sucres réducteurs (exprimés en dextrose). Une portion du liquide a servi au dosage du mannose à l'état de mannose-hydrazone, et une autre au dosage du galactose par la méthode de Tollens (transformation en acide mucique). On a trouvé pour la totalité : $1^{gr},223$ de mannose, dont une partie a été régénérée de son hydrazone et obtenue cristallisée, et $1^{gr},178$ de galactose.

» On voit ainsi que cet hydrate de carbone est une *mannogalactane*, et qui nous a fourni à l'hydrolyse des poids sensiblement égaux de mannose et de galactose.

» II. *Graine de Fenugrec.* — Les graines de Fenugrec, soumises au traitement que nous venons d'exposer, ont donné aussi un produit blanc, léger, mais bien moins facilement soluble dans l'eau que le produit analogue retiré des graines de Luzerne.

» La solution, assez fortement opalescente, ne paraît pas parfaite, de sorte que si l'on cherche à filtrer, il passe un liquide qui n'a pas la même composition que ce qui reste sur le filtre. On a pu néanmoins constater qu'elle est dextrogyre.

» $2^{gr},51$ de produit sec, hydrolysés à l'autoclave, ont donné en deux heures $2^{gr},50$ de sucres réducteurs qui renfermaient, d'après l'analyse, $1^{gr},249$ de mannose et $0^{gr},978$ de galactose.

» C'est donc encore une mannogalactane, un peu différente toutefois de celle retirée des graines de Luzerne.

» III. *Action de la séminase* [1]. — Ces mannogalactanes ont été soumises à l'action de la séminase à la température de 35° à 40° : celle-ci étant sous forme d'une solution préparée par macération dans de l'eau additionnée de fluorure de sodium, de graines de Luzerne germées. L'hydrolyse a commencé aussitôt, se manifestant par la disparition complète de la viscosité du liquide et par la formation de sucres réducteurs parmi lesquels le mannose a pu être caractérisé à l'aide de la phénylhydrazine.

» *En résumé :*

» 1° Les hydrates de carbone de réserve des graines de Luzerne et de Fenugrec sont, comme ceux des albumens des graines de Caroubier et de Canéficier, des mannogalactanes;

» 2° Ces hydrates de carbone diffèrent les uns des autres par leur composition et par leurs propriétés;

» 3° La séminase les hydrolyse, les uns et les autres, en donnant naissance à des sucres réducteurs assimilables. »

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Localisation de la myrosine et de la gomme chez les* Moringa. Note de M. F. JADIN, présentée par M. Guignard.

« Le genre *Moringa*, rattaché par plusieurs auteurs à la famille des Capparidées, est considéré aujourd'hui comme formant à lui seul une famille spéciale placée toutefois près des Capparidées.

» La présence de la myrosine, démontrée par M. Guignard chez celles-ci, nous a conduit à étudier les *Moringa* à ce point de vue.

» *Localisation de la myrosine.* — 1° Nous avons fait d'abord appel aux réactions microchimiques indiquées par M. Guignard pour y révéler l'existence et la localisation des cellules à ferment. Voici ce qu'on observe dans les divers organes du *Moringa pterygosperma :*

» Dans la racine, les cellules à ferment sont très nombreuses; elles occupent le parenchyme cortical et le liber. Dans le parenchyme cortical, ce sont surtout les assises périphériques qui en contiennent. Le bois et la moelle n'en contiennent pas.

» Dans la tige, le ferment se trouve également dans des cellules spéciales de l'écorce et du liber. Ici encore, les assises périphériques du parenchyme cortical, particulièrement l'assise sous-épidermique, sont les plus riches.

» Dans la feuille, les tissus du pétiole qui correspondent à ceux de la tige possèdent

---

[1] Sur l'individualité de la séminase, ferment soluble sécrété par les graines de Légumineuses à albumen corné, pendant la germination, voir *Comptes rendus*, t. CXXX, p. 340; 1900.

quelques cellules à ferment. Le limbe en contient aussi, mais l'abondance des substances protéiques masque les réactions microchimiques.

» Dans le pédoncule floral, la répartition des cellules à ferment est identique à celle que l'on observe dans la tige.

» Dans la fleur, les pétales en contiennent; on peut aussi en trouver dans les cellules sous-épidermiques des filets staminaux.

» L'état des graines que nous avons eu à considérer ne nous a pas permis de constater la présence et la répartition des cellules à ferment; mais la myrosine doit y exister aussi, car Baillon [1] écrit à propos de l'embryon du *Moringa aptera* : « Il est âcre, » surtout quand il est frais; il rubéfie alors la peau ».

» 2° Nous avons reçu d'Égypte, grâce à l'obligeance de M. Deflers, des échantillons frais de *Moringa pterygosperma* et nous avons pu nous assurer que le ferment localisé dans ces cellules spéciales était de la myrosine.

» Pour cela, nous avons isolé les divers tissus où nous avions observé les cellules spéciales; nous les avons contusés et nous les avons fait agir sur une solution de myronate de potassium à 1 pour 500. Le mélange a été placé dans une étuve à température constante maintenue à 45°.

» *Expérience n° 1.* — $0^{gr},50$ d'écorce et de liber de tige ont été mis en présence de 10^{cc} de la solution de myronate de potassium. L'odeur caractéristique d'essence de moutarde s'est développée presque immédiatement.

» *Expérience n° 2.* — 2^{gr} d'écorce prise sur une tige âgée mesurant 3^{cm} de circonférence ont été mis en présence de 20^{cc} de la solution de myronate de potassium. L'odeur caractéristique a été perçue au bout de cinq minutes.

» *Expérience n° 3.* — 1^{gr} de folioles a été mis en présence de 10^{cc} de la solution de myronate de potassium. L'odeur caractéristique s'est nettement révélée au bout de dix minutes.

» *Expérience n° 4.* — $0^{gr},50$ de fleurs ont été mises en présence de 10^{cc} de la solution de myronate de potassium. L'odeur caractéristique a été franche au bout de dix minutes.

» *Expérience n° 5.* — 2^{gr} de bois de tige ont été mis en présence de 20^{cc} de la solution de myronate. A aucun moment, durant deux heures d'étuve, il n'y a eu d'odeur d'isosulfocyanate d'allyle.

» Nous pouvons donc conclure que les *Moringa* contiennent des cellules à ferment, et que ce ferment est de la myrosine.

» *Localisation de la gomme.* — Les *Moringa* fournissent une gomme qu'on rapproche des gommes adragantes.

» Quand on fait une coupe transversale dans une tige de *Moringa* pro-

(1) *Histoire des plantes*, t. III, p. 179.

venant des régions naturelles où croissent ces plantes [1], on observe, au centre de la moelle, une grande cavité simulant un canal sécréteur.

» Si l'on suit le développement de cette lacune, on voit tout d'abord la membrane d'une cellule centrale de la moelle se gonfler jusqu'à remplir toute la cavité cellulaire et se transformer en gomme, tandis que les cellules voisines subissent un cloisonnement, formant ainsi des cellules de bordure de dimension moindre, dont les membranes se gonflent à leur tour et augmentent ainsi peu à peu la circonférence de la partie gommeuse de la moelle. Cette lacune centrale est ordinairement unique, — du moins dans les échantillons que nous avons observés, — mais il arrive quelquefois qu'il y en a deux : dans ce cas, la seconde est née par dichotomie de la première. C'est également par dichotomie que naissent les lacunes se rendant dans les branches latérales et dans les pétioles.

» Ces lacunes n'existent que dans la tige; quelquefois on en observe dans les pétioles; elles font défaut dans les pédoncules floraux et dans les racines. A part ces lacunes de la moelle, nous n'avons observé aucune autre cellule gommeuse, ni aucune autre lacune gommeuse dans les autres tissus des *Moringa* étudiés par nous. »

ZOOLOGIE. — *Sur l'origine et les enchaînements des Arthropodes de la classe des Onychophores* (Peripatus *et formes voisines*). Note de M. **E.-L. Bouvier**, présentée par M. Edmond Perrier.

« Au point de vue anatomique, les Onychophores forment une classe des plus homogènes dans l'embranchement des Arthropodes, mais autant leur organisation est uniforme, autant sont variés, au début, leurs caractères embryologiques. Kennel et Sclater ont montré que les œufs des *Peripatus* (Onychophores américains) sont très petits ($0^{mm},04$), dépourvus de jaune et donnent naissance à des embryons qui se rattachent à l'utérus maternel par un cordon et un placenta; Willey a trouvé, dans les *Paraperipatus* (formes de la Nouvelle-Bretagne), des œufs également dépourvus

---

(1) Cette restriction est utile à faire, car M. le professeur Guignard a eu la bonté de nous communiquer des tiges d'un *M. pterygosperma* cultivé dans les serres de l'École de Pharmacie de Paris, et nous n'avons pas constaté les lacunes décrites ici. Au point de vue de la présence de la myrosine, cet exemplaire s'est montré aussi riche en ferment que ceux que nous avions précédemment étudiés.

de jaune, mais plus volumineux (0,1) et qui produisent des embryons dont l'organe nutritif essentiel est une énorme vésicule nuquale en relation avec la cavité entérique; d'après Balfour, Moseley et Sedgwick, les embryons de *Peripatopsis* (Onychophores de l'Afrique australe) se nourrissent par leur surface aux dépens du liquide utérin et sont issus d'œufs assez grands (0,5), mais dépourvus de jaune; enfin, d'après L. Sheldon les embryons de *Peripatoides* (formes de Nouvelle-Zélande et d'Australie) sont plongés dans le vitellus d'un œuf volumineux dont le diamètre maximum atteint en moyenne $1^{mm},5$ de diamètre.

» Étant donnés ces faits, on est en droit de se demander : 1° quels sont les animaux qui ont donné naissance aux Onychophores; 2° quelles sont les formes les plus primitives de ces derniers; 3° comment on peut expliquer les différences embryogéniques si remarquables que présentent les divers genres du groupe. Nous allons tenter de résoudre ces trois sortes de questions.

» 1° *Les ancêtres des Onychophores*. — Les études anatomiques et embryologiques démontrent surabondamment que les Onychophores tiennent à la fois des Annélides et des Arthropodes et qu'ils dérivent d'animaux aquatiques appartenant à la première de ces classes. Il y a unanimité sur ce point.

» Mais on peut se demander quelle est la forme aquatique à laquelle se rattachent les Onychophores; c'est une question qui sera examinée plus loin.

» 2° *Les Onychophores primitifs*. — Au sujet des Onychophores les plus primitifs, apparaissent les divergences. Pour Kennel, les *Peripatopsis* se rapprochent surtout de la forme ancestrale, car leurs œufs, dépourvus de jaune, produisent des embryons qui se nourrissent presque exclusivement de liquide utérin; de ces formes seraient dérivés, dans deux directions divergentes, d'une part les *Peripatus* avec leur placenta nutritif, de l'autre les *Peripatoides* avec leurs œufs gorgés de vitellus. Pour Sedgwick, pour Sheldon, et aussi pour Korschelt et Heider, les Onychophores à œufs volumineux (*Peripatoides*) se rapprocheraient surtout des ancêtres annélidiens, et, par perte du jaune, auraient donné naissance aux *Peripatopsis* et aux *Peripatus*.

» Quoique diamétralement opposées, ces deux hypothèses sont aussi peu satisfaisantes l'une que l'autre; ce sont des conceptions purement théoriques qui s'effondrent dès qu'on essaie de les adapter aux faits. Incontestablement, les Onychophores les plus primitifs se reconnaîtront au

nombre considérable et éminemment variable de leurs segments, aux variations de leurs soles locomotrices et de leurs papilles pédieuses, à la position de leurs orifices néphridiens anormaux (pattes IV et V) qui doivent être éloignés le moins possible de la base des pattes, c'est-à-dire de la position normale, au développement de l'organe ventral annexé au cerveau, à l'absence de différenciation dans la glande génitale femelle, à la présence d'un entonnoir néphridien sur les oviductes, et à la position de l'orifice sexuel qui sera éloigné le plus possible de l'extrémité postérieure de l'animal. Or les *Peripatoides* et les *Peripatopsis* ne présentent aucun de ces caractères, tandis que les *Peripatus* les présentent tous. Si j'ajoute que ces derniers sont munis de sacs branchiaux à la base des pattes, tandis que les deux autres formes n'en présentent jamais, on conviendra qu'il est difficile de ne pas considérer les *Peripatus* comme les représentants actuels les plus primitifs du groupe des Onychophores. Et comme les œufs des *Peripatus* sont minuscules et dépourvus de jaune, il y a lieu de croire que les formes ancestrales du groupe appartenaient aux Annélides polychètes.

» 3° *Les enchaînements des Onychophores.* — Très réduits et dépourvus de jaune, les œufs de ces formes ne purent être déposés dans le sol quand se produisit l'adaptation à la vie terrestre. Ils restèrent dans l'utérus maternel, et leurs embryons s'y nourrirent vraisemblablement par tous les procédés possibles : A, digestion des rares *matières nutritives contenues dans l'œuf;* B, absorption superficielle des *liquides utérins;* C, consommation directe des principes de la mère par une partie du syncytium embryonnaire transformée en *placenta utérin.*

» C'est à ces trois modes de nutrition qu'ont encore actuellement recours les embryons de *Peripatus;* ils se fixent de très bonne heure aux parois utérines (stade à trente-deux cellules, d'après Kennel), mais diffèrent vraisemblablement des embryons ancestraux par *le développement prédominant de la nutrition placentaire.*

» Dans d'autres formes, l'œuf accumule dans son intérieur *une quantité considérable de matière nutritive* et finit par suffire au développement de l'embryon. Ainsi se produisirent les *Peripatoides.* Entre ces derniers et les Péripates primitifs ont dû s'intercaler des formes intermédiaires caractérisées par un placenta réduit et un œuf assez volumineux. Peut-être cet état se présente-t-il encore dans le *Peripatoides Blainvillei* de l'Amérique du Sud.

» Dans un dernier groupe, enfin, *la nutrition embryonnaire aux dépens*

du liquide utérin devint peu à peu prédominante; le placenta se détacha des parois utérines et, grâce à son pédoncule creux, devint une vésicule nuquale. En même temps, l'œuf augmentait progressivement de volume, et il arriva un stade où l'embryon put, sans vésicule, se développer aux dépens de l'œuf et (par la surface ectodermique) du liquide utérin. Le stade à grande vésicule et à petits œufs a été conservé par les *Paraperipatus*, celui où les œufs sont relativement gros et où la vésicule n'existe plus par la majorité des *Peripatopsis*. Ces deux stades ont dû se relier l'un à l'autre par des états intermédiaires où l'œuf était assez grand et la vésicule déjà très réduite. J'ai pu constater un état de cette sorte dans une espèce de l'Afrique australe, le *Peripatopsis Sedwicgki*, sur des exemplaires femelles du Musée britannique.

» Issues du même tronc ancestral, ces trois branches divergentes se font encore remarquer par les caractères propres de leurs organes sexuels mâles. Sous ce rapport, les *Paraperipatus* et les *Peripatopsis* se rapprochent surtout des types ancestraux : les premiers parce qu'ils n'ont pas de spermatophores (Willey), les seconds parce qu'ils sont dépourvus de réceptacles séminaux et parce que leurs petits spermatophores (Sedgwick) sont des organes d'injection hypodermique (Whitmann). Les *Peripatus* ont un réceptacle séminal comme les *Paraperipatus*, mais forment en outre d'énormes spermatophores (Gaffron); les *Peripatoides*, enfin, se distinguent des *Peripatus*, non point par leur appareil mâle, mais par leurs organes génitaux femelles qui sont dépourvus d'entonnoirs néphridiens (Sheldon). A ce point de vue encore, les *Peripatoides* s'éloignent beaucoup des formes ancestrales du groupe. »

ANATOMIE ANIMALE. — *Étude anatomique des organes générateurs mâles des Coléoptères à testicules composés et fasciculés* (¹). Note de **L. Bordas**, présentée par M. Edmond Perrier.

« Les Coléoptères dont les testicules sont *composés et fasciculés*, c'est-à-dire constitués par un grand nombre de tubes courts, tronconiques ou en

(¹) Nous avons, dans une Communication précédente (*Comptes rendus* du 26 décembre 1899), décrit l'appareil génital des Coléoptères *à testicules composés et disposés en grappes*.

forme de massue s'ouvrant à l'extrémité élargie des canaux déférents, appartiennent aux familles ou tribus suivantes :

» *Aphodiinæ*, *Copriinæ*, *Geotrupinæ*, *Melonlothinæ*, *Rutelinæ*, *Lucanidæ*, *Cetoninæ*, *Chrysomelidæ* (sauf quelques genres), *Cerambycidæ*, etc.

» Dans tous les genres de ce groupe, l'appareil générateur mâle est à peu près uniforme et comprend : 1° deux *testicules* formés de lobules composés chacun d'un nombre plus ou moins considérable d'ampoules (utricules) spermatiques; 2° une paire de *canaux déférents* cylindriques et renflés sur leur trajet pour former les vésicules séminales; 3° deux *glandes annexes* ou *accessoires* (sauf chez les Cétoines), et 4° un *conduit éjaculateur impair* sur tout son trajet (excepté chez quelques Longicornes) et généralement dilaté à son origine.

» Les TESTICULES sont partout pairs et comprennent un certain nombre de lobules testiculaires de grosseur et de forme très variables : les uns sont sphériques ou ovales, les autres aplatis ou discoïdaux, et d'autres enfin coniques. Leur nombre varie, pour chaque glande, de *deux* (plusieurs *Chrysomélides*, *Curculionides*, *Judolia*, *Cerambyx*, *Leptura*, *Strangalia*, *Bathocera*, etc.) à *douze* (*Cetonia*, *Lamia*, etc.). Chaque lobule est entouré d'une membrane externe recouvrant une série d'*ampoules* (utricules) *spermatiques* tubuleuses, tronconiques ou en forme de massue. Parfois elles présentent l'aspect de disques lamelleux, semi-circulaires et disposés comme les feuillets d'un livre.

» Quels que soient leur forme et leur nombre, tous les *utricules spermatiques* vont directement déboucher dans une sorte de réceptacle, plus ou moins large, situé dans la région centrale de chaque lobule, d'où part un *canalicule déférent*.

» Les canalicules déférents sont courts, grêles, filiformes, parfois sinueux et s'ouvrent, soit au sommet plus ou moins dilaté des canaux déférents proprement dits (*Lucanidæ*, la plupart des *Scarabeidæ* et des *Cerambycidæ*), soit sur les côtés de l'extrémité antérieure de ces mêmes canaux (*Cetonia*, *Lamia*, etc.).

» Les CANAUX DÉFÉRENTS sont cylindriques, généralement sinueux et renflés au cours de leur trajet pour constituer les *vésicules séminales*. Ces dernières, peu apparentes chez les Aphodiens, les Chrysoméliens et quelques Longicornes, sont très nettes chez les Géotrupiens, les Cétoniens, etc. Chez certains Curculionides, elles sont courtes, larges et sacciformes (*Erirhinus*).

» Les canaux déférents ne débouchent pas toujours dans la région postérieure des glandes annexes. Ils s'ouvrent parfois à l'extrémité antéro-latérale du conduit éjaculateur, tout près des orifices des glandes accessoires (*Lucanidæ*, *Cetoninæ*, *Anisoplia*, etc.)

« Les GLANDES ANNEXES ou ACCESSOIRES (ectadénies) sont toujours au nombre de *deux*, sauf chez les *Cetonia* qui en possèdent *six*. Elles reçoivent généralement les canaux déférents vers leur quart postérieur (*Aphoniidæ*, *Chrysomelidæ*, etc.) ou bien tout à fait à leur extrémité terminale, presque à leur point de fusion avec le conduit éjaculateur; dans certains cas même, les quatre orifices sont nettement séparés.

» Ces glandes sont généralement simples, cylindriques et flexueuses, parfois courtes, atrophiées et vésiculeuses (*Lepturinæ*), rarement bifides (*Cerambycinæ, Lamiinæ,* etc.).

» Quand les canaux déférents sont courts, peu sinueux, quand leur épithélium est peu actif et les vésicules séminales peu différenciées, les glandes accessoires sont, chez quelques espèces, volumineuses, allongées et présentent, en général, une dilatation au-dessous du point d'embouchure du canal déférent (*Aphodius, Copris,* etc.). Chez les *Geotrupinæ,* au contraire, les canaux déférents sont bien développés, glandulaires, et les vésicules séminales volumineuses; aussi ne rencontre-t-on pas de dilatation anormale des glandes annexes et les canaux déférents s'unissent à ces dernières à très peu de distance de l'origine du conduit éjaculateur.

» Le CONDUIT ÉJACULATEUR est impair, cylindrique, court, ou parfois plus ou moins allongé, peu sinueux et rarement pelotonné. Il présente à son origine, chez presque toutes les espèces, un renflement vésiculeux, de forme et de volume très variables, et occupant des positions fort différentes suivant les espèces. Ce renflement est dû uniquement à l'accroissement d'épaisseur des parois du canal et non à l'augmentation du diamètre de son lumen interne. Le conduit provient de la fusion de deux tubes originellement doubles. On en a une preuve anatomique directe dans l'existence de deux canaux éjaculateurs qui sont encore, chez les *Lamiinæ*, séparés sur presque toute la longueur de leur trajet.

» La structure histologique des différentes parties de l'appareil génital mâle des Coléoptères à *testicules composés et fasciculés,* ainsi que la nature du contenu des glandes annexes, ne diffère que par des détails tout à fait secondaires de ce que nous avons dit à leur sujet dans la précédente Communication (26 décembre 1899). »

PALÉONTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur quelques nouvelles Bactériacées de la Houille.* Note de M. **B. Renault**, présentée par M. Van Tieghem.

« La houille de bois de *Cordaites,* d'*Arthropitus,* etc., provenant de différents bassins houillers et réduite en plaques minces, a montré que de nombreuses Bactériacées occupaient les parois et l'intérieur des cellules et des vaisseaux; les éléments ligneux, généralement écrasés, sont transformés en une sorte de pulpe rouge brun foncé, qui a conservé, toutefois, des indices suffisants d'organisation, pour qu'on puisse déterminer la nature des éléments qui la constituent.

» Nous avons déjà fait connaître plusieurs variétés de Microcoques et de Bacilles qui viennent se grouper autour des *Micrococcus* et *Bacillus Carbo*. Nous signalerons aujourd'hui quelques espèces nouvelles :

» 1° Dans un bois d'*Arthropitus* de Saint-Etienne, à l'intérieur des vaisseaux houillifiés, on observe de nombreuses Bactériacées se présentant en articles, soit isolés, soit soudés par deux, ou bien encore souvent, réunis en chaînettes comprenant quatre à neuf individus.

» La membrane des articles se distingue assez difficilement à cause du peu de différence entre sa coloration et celle de la houille qui l'environne; le protoplasma modifié contenu dans chacun d'eux est, au contraire, de couleur foncée, ce qui permet, en mesurant la distance des masses protoplasmiques de deux articles contigus, de trouver pour la membrane une épaisseur de $0^{\mu},25$, pour leur longueur $2^{\mu},5$ et pour leur largeur $0^{\mu},6$.

» Dans beaucoup d'articles libres ou soudés, le protoplasma s'est réuni en masses sphériques assez réfringentes [1] mesurant $0^{\mu},6$, qui peuvent être considérées comme des spores; il y en a généralement deux par article; dès lors ceux-ci, quand ils sont isolés, ont l'apparence de Diplocoques et, lorsqu'ils sont soudés, celle de Microcoques réunis en chaînettes; en réalité, ce sont des arthrospores dont beaucoup, d'ailleurs, se recontrent à l'état de liberté.

» La nouvelle Bactériacée fossile se caractérise donc par des cellules courtes rappelant les *Bacterium*, arrondies aux deux extrémités, se reproduisant généralement par la formation d'arthrospores, et ayant une tendance marquée à rester groupées en chaînettes. Nous la désignons, pour cette dernière raison, sous le nom de *Bacillus colletus*.

» 2° D'autres échantillons d'*Arthropitus*, mais recueillis à Commentry, contiennent, dans la houille provenant des cellules et des vaisseaux, de nombreux *Bacillus Carbo*, longs de $2^{\mu},2$, pouvant atteindre $4^{\mu},2$ au moment de la bipartition; ils se distinguent de l'espèce précédente par l'absence d'arthrospores et la rareté de leurs groupements en chaînettes. Associée au *B. Carbo*, on remarque une Bactériacée de petite taille longue à peine de $1^{\mu},8$ et large de $0^{\mu},5$; les deux extrémités sont coniques, la membrane est nette et de couleur foncée, l'intérieur est occupé par une matière homogène et transparente. On rencontre quelquefois cette Bactériacée formant des chaînettes de trois articles; l'ensemble mesure $5^{\mu},6$ de long, $0^{\mu},5$ de large, l'épaisseur de la membrane est de $0^{\mu},15$; les deux articles extrêmes sont coniques. Ce ne sont pas les seules Bactériacées que l'on observe, mais leur description nous entraînerait trop loin.

---

(1) Leur réfringence appréciable, même au milieu de la houille, éloigne l'idée que l'on se trouve en présence de Microcoques.

» Nous appellerons toutefois l'attention sur une particularité intéressante qui se rencontre dans toutes les houilles renfermant des Bactériacées à contours nets et bien conservés; c'est la présence, au milieu d'elles, de vacuoles absolument transparentes, de tailles variées; les plus petites sont sphériques ou ellipsoïdales, les plus grandes sont irrégulières et souvent aplaties; ces vacuoles donnent l'impression de bulles gazeuses restées emprisonnées dans une matière visqueuse qui se serait desséchée; peut-être sont-elles dues au travail bactérien.

» 3° La houille renferme non seulement les Bactériacées qui ont contribué à sa formation, mais encore les microorganismes qui ont pénétré à l'intérieur des végétaux avant leur transformation en houille. Nous avons rencontré, en effet, dans les vaisseaux des mycéliums de Champignons saprophytes semblables à ceux que l'on remarque souvent dans le bois des tourbières, des Bactériacées dont l'état précaire semble indiquer que, loin d'avoir été des agents de houillification, elles ont subi elles-mêmes des altérations assez profondes; nous n'en citerons qu'un exemple.

» Quelques fragments de bois de Saint-Étienne montrent, dans les vaisseaux houillifiés, de nombreux filaments très grêles, rectilignes ou arqués, quelquefois divisés en deux branches, la plupart incomplets ou brisés.

» Sous un grossissement de 600 diamètres, on les voit formés d'articles disposés en chaînettes. La membrane, confondue avec la houille environnante, n'est pas distincte, mais l'intérieur, rempli d'une matière noire qui en marque assez nettement l'étendue, permet d'effectuer les mesures suivantes : la longueur des articles est de 1 à $1^{\mu},8$, leur largeur de $0^{\mu},5$ et l'épaisseur de l'enveloppe $0^{\mu},2$.

» Le protoplasma ne paraît pas avoir, dans les échantillons examinés, donné naissance à des arthrospores, comme dans l'espèce décrite en premier lieu.

» Lorsque les filaments se bifurquent, les branches sont inégales, souvent arquées; voici les mesures prises sur l'un d'eux : longueur du rameau principal $7^{\mu},2$ comprenant quatre articles, les deux branches mesurent $6^{\mu},7$ et $3^{\mu},6$ avec quatre et trois articles. A cet état, cette Bactériacée rappelle quelque peu le *Streptothrix chromogenes* de Gasperini segmenté; la mauvaise conservation de ces échantillons ne permet pas de faire des rapprochements plus complets et justifie l'opinion que nous avons émise plus haut, c'est-à-dire que ces chaînettes brisées représentent les restes de Bactériacées ayant pénétré dans les tissus avant leur houillification. »

GÉOLOGIE. — *Sur les types régionaux de gîtes métallifères.* Note de M. L. de Launay, présentée par M. Michel-Lévy.

« Chaque région géographique présente un type particulier de gîtes métallifères, caractérisé, tant par la nature même des minerais que par l'allure de leurs dépôts. Un gîte de Suède ne ressemble pas à un gîte du Plateau Central, ni celui-ci à un gîte d'Algérie; et surtout l'ensemble de la richesse minière offre des conditions très différentes dans l'un ou l'autre de ces trois pays. Mais ce contraste, qui est très frappant quand on parcourt l'Europe du nord au sud transversalement à ses grandes chaînes de plissement, disparaît, au contraire, presque complètement, si l'on se déplace de l'ouest à l'est en suivant l'une ou l'autre de ces chaînes de plissement. Le faciès, que nous avons d'abord considéré comme caractéristique d'une région géographique, l'est, en réalité, beaucoup plutôt d'une chaîne géologique, et l'expérience acquise dans une des parties de cette chaîne peut servir, jusqu'à un certain point, dans toutes les autres. Par exemple, la chaîne hercynienne constitue, d'un bout à l'autre, un ensemble très homogène, et la Meseta espagnole, le Plateau Central français, les Vosges, la Forêt-Noire et la Bohême ont une distribution de la richesse minière singulièrement analogue.

» Ce fait intéressant, qui n'avait pas encore, je crois, été mis en lumière, peut avoir plusieurs causes.

» Tout d'abord, l'idée vient aussitôt que le type régional des gisements métallifères doit correspondre au type non moins particularisé des diverses manifestations éruptives en un même point, à cet air de famille que des études récentes ont interprété par une différenciation progressive des mêmes magmas. Les analogies, que peuvent présenter, d'un bout à l'autre d'une même chaîne, les roches éruptives, aussi bien que les formes de dislocations, se retrouveraient alors dans les gisements en relation avec ces deux catégories de phénomènes. On peut même se demander si l'âge de la chaîne, avec lequel l'âge de la plupart des gisements qu'elle contient concorde approximativement, ne marque pas, dans l'évolution géologique de la croûte terrestre, une phase déterminée, ayant imprimé aux minerais comme aux roches un caractère propre et, en quelque sorte, un numéro d'ordre. Mais, tout en admettant fort bien ces explications, je crois qu'on peut leur ajouter une hypothèse générale, ayant peut-être l'avantage de coordonner, en les expliquant, un très grand nombre de faits d'observation.

» Cette hypothèse, c'est que le type régional des gîtes métallifères, type en rapport, comme je viens de le dire, avec l'âge de la chaîne de plissement correspondante, résulte, avant tout, de la profondeur jusqu'à laquelle l'érosion a pu, depuis ce plissement plus ou moins ancien, décaper les parties hautes du gîte; autrement dit, plus un gisement serait ancien, plus, les autres conditions restant les mêmes, nous en connaîtrions en moyenne les parties profondes, tandis que, dans les gîtes très récents, les parties qui nous sont accessibles sont encore celles qui, au moment de la cristallisation des minerais dans les filons, touchaient à la superficie.

» S'il en était ainsi, nous nous trouverions résoudre, simplement en considérant une série de gîtes de plus en plus anciens, une des questions les plus intéressantes de la Géologie appliquée, celle des *variations originelles en profondeur* des formations métallifères.

» Dans les théories professées jusqu'ici, on a toujours attribué à ces variations un rôle considérable et qui paraît logique, en remarquant l'influence qu'avaient dû exercer sur le dépôt des eaux la diminution de température et de pression, la volatilisation des gaz au voisinage de la surface, etc. J'ai essayé pourtant de montrer, dans une série de Communications antérieures (1) que la plupart des faits interprétés ainsi comme résultant de modifications originelles dans les conditions de dépôt étaient, en réalité, en relation très nette, non avec la surface topographique du sol au moment de ce dépôt, mais avec la surface actuelle, très différente de la précédente, telle que l'a produite une longue érosion, et qu'il fallait les expliquer par des altérations superficielles et secondaires, par des remises en mouvement tout à fait récentes. Il n'en résulte pas que des modifications originelles n'aient pas dû se produire jadis, au moment où les eaux métallisantes circulaient dans les crevasses du sol et se minéralisaient à la rencontre des fumerolles dégagées par les roches en ignition. Mais ces phénomènes devaient présenter une amplitude supérieure à celles sur lesquelles peuvent porter la plupart de nos travaux de mines et une hypothèse telle que celle que je propose paraît seule permettre de les étudier.

» On peut ajouter, d'ailleurs, que dans les régions très anciennement érodées, l'abrasion, le nivellement du sol ont été généralement poussés si loin que le niveau hydrostatique actuel se confond presque avec la superficie, en sorte que la zone alternativement immergée par des eaux oxydantes ou desséchée, sur laquelle portent surtout les altérations météoriques, est très restreinte, tandis qu'elle sera, au contraire, considérable

(1) *Comptes rendus*, 22 et 29 mars, 14 juin 1897.

dans les chaînes récentes à profil encore très accidenté. Si donc on observe de tels phénomènes d'altération sur un gisement de ces chaînes anciennes, c'est, en général, dans des conditions très différentes, sur un compartiment de l'écorce qui a subi cette altération à une époque ancienne et qui, depuis ce moment, a été, par un enfoncement relatif, soustrait à l'ablation générale.

» Je ne puis songer à entrer ici dans le détail des faits [1]. Je vais seulement préciser encore par l'exemple de trois zones géographiques de plus en plus récentes et dont les deux dernières surtout sont à des stades incontestablement très différents de leur érosion.

« Si l'on part du nord de l'Europe, en Scandinavie, on trouve presque uniquement des gisements d'un type bien particulier : d'énormes amas d'oxydes de fer dans le terrain primitif; des masses et imprégnations de pyrites, pyrrhotines nickélifères et cuprifères, en relation plus ou moins directe avec des roches basiques de profondeur; des gîtes de ségrégation; puis, au sud, quelques veines à minerais du groupe stannifère en relation avec des granulites (un peu de bismuth, de molybdène et des métaux rares, zirconium, niobium, etc.). Au contraire, extrêmement peu de filons proprement dits (Kongsberg, etc.) et ne présentant pas de grandes fractures prolongées; pas de métaux volatils comme le mercure (sauf des traces à Kongsberg) et pas d'altérations superficielles donnant des carbonates de zinc, fer ou plomb aux affleurements des gîtes sulfurés. Le Canada est, de l'autre côté de l'Atlantique, exactement l'homologue de la Scandinavie.

» Dans le Plateau Central ou les autres tronçons de la chaîne hercynienne, le rôle des ségrégations pyriteuses au contact des roches basiques se restreint; on voit s'accentuer les gîtes du groupe stannifère en relation avec des roches très acides, qu'il est naturel de considérer comme ayant pu remonter plus haut dans un même plissement que les fonds de creuset basiques. Mais surtout ce qui prédomine, ce sont les grands décrochements, les longues fractures nettes, où ont cristallisé, en zones régulièrement concrétionnées, les trois sulfures presque inséparables de zinc, plomb et fer, avec du nickel, du cobalt et de l'argent.

» Enfin, si nous passons en Algérie ou sur un autre rameau secondaire des Alpes, le long des chaînes tertiaires, ce qui attire l'attention, ce sont les nombreuses fractures éparpillées, irrégulières, telles qu'il peut s'en produire dans les terrains déchiquetés, bouleversés, des saillies de plissement, fractures souvent sans continuité en profondeur, les filons-failles parallèles aux plis (dont on aurait de meilleures types en Amérique), ou les veines directement reliées avec des roches d'épanchement. Les minerais des magmas basiques profonds, tels que le nickel, le fer chromé ou oxydulé, les masses pyriteuses, ont disparu; on ne voit plus non plus de ces métaux qui sont une émanation directe des roches acides pendant leur rochage et qui ont exigé, par suite, une haute pression avec une température élevée, comme l'étain, le bismuth, etc.; ce qui domine, c'est le plomb, le zinc, le fer, le cuivre, le mercure, en un mot, les mé-

[1] Ils seront l'objet d'un article prochain dans la *Revue générale des Sciences*.

taux dont les sels ont pu rester en dissolution dans des eaux peu thermalisées et circulant à la façon de nos eaux thermales actuelles, où l'on en retrouve parfois de semblables.

» En même temps, les actions secondaires atteignent une intensité toute particulière, comme on peut le constater pour les gîtes de zinc de l'Attique, de la Sardaigne ou du sud de l'Espagne presque entièrement transformés en calamine, pour les gîtes de plomb du Taurus cilicien transformés en cérusite, pour les gîtes de fer de tant de mines de Styrie, des Alpes, des Pyrénées etc., où domine la sidérose.

» La superposition de ces trois zones, en négligeant le métamorphisme, représenterait non pas précisément les variations d'un même gîte ou d'un même faisceau de gîtes en profondeur, — car il faudrait encore tenir compte du caractère propre aux magmas cristallins, dont ces gîtes métallifères paraissent une émanation assez directe, — mais les divers types de gisements que pourrait espérer remonter une coupe idéale, menée à travers une chaîne de plissement jusqu'à ses racines les plus profondes. On arriverait ainsi à la notion : formations de profondeur, formations voisines de la surface, formation d'épanchement pour les minerais, comme on y est déjà arrivé pour les roches. »

PHYSIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Synthèse des voyelles*. Note de M. **Marage**, présentée par M. Marey.

« Dans une Note présentée par M. Marey à l'Académie le 13 mars 1899, je disais que les voyelles sonores avaient une double origine : la vibration de l'air, et le transport de l'air dans les cavités supra-laryngiennes.

» Je vais démontrer qu'une seule de ces causes : la vibration de l'air, est indispensable et j'indiquerai la nature de cette vibration. — Si l'on supprime l'arrivée discontinue de l'air, c'est-à-dire la vibration, la voyelle sonore n'existe plus, elle passe à l'état sourd ou chuchoté, et le tracé est complètement transformé; les groupements ont disparu et l'on ne retrouve plus que la note du résonnateur, c'est-à-dire des vibrations simples.

» J'ai fait des expériences, soit avec des résonnateurs de Helmholtz, soit avec des moulages représentant l'intérieur de la cavité buccale lorsqu'elle prononce la voyelle; les résultats ont été les mêmes : un courant continu reproduit la voyelle chuchotée, mais pas la voyelle sonore. Donc la vibration de l'air est indispensable pour obtenir la voyelle sonore. Il n'en est pas de même pour les mouvements de l'air (les cyclones) qui se produisent dans les cavités supra-laryngiennes; on peut, en effet, les supprimer sans rien changer ni au tracé ni à la voyelle.

» La théorie de la formation des voyelles par les cyclones ne saurait donc être admise; il fallait chercher dans une autre voie la formation de la parole; puisque l'analyse n'avait pas donné de résultats satisfaisants, il fallait faire la synthèse.

» Les tracés que j'avais obtenus soit par les flammes manométriques, soit par la méthode graphique, m'avaient indiqué ceci, simplement (¹) : A est formé d'un groupe de trois vibrations; É, EU, O, d'un groupe de deux; I, U, OU, de vibrations équidistantes; la somme des vibrations représente la vocable, c'est-à-dire la note du résonnateur buccal ; le nombre de groupements représente la note fondamentale sur laquelle la voyelle est émise.

» Or, l'appareil vocal se compose de deux parties : le larynx et les résonnateurs supra-laryngiens.

» J'ai remplacé le larynx par une sirène mise en mouvement au moyen d'une courroie sans fin et d'une dynamo (110 volts, 0,7 ampères). Le plateau inférieur était percé d'une seule fente triangulaire, représentant l'espace inter-glottique; le plateau supérieur était percé de fentes égales entre elles et dirigées suivant les rayons du disque mobile; ce plateau était renfermé dans une petite caisse cylindrique, de hauteur négligeable, et l'air s'échappait par un tube perpendiculaire et placé au-dessus de la fente fixe.

» Pour reproduire A, il suffit d'avoir trois fentes ouvertes, séparées par une fente fermée, de manière à obtenir un groupement de trois vibrations; le nombre total de vibrations représente la vocable, le nombre de groupes de trois représente la note fondamentale, le tracé l'indique très nettement; si l'on place au-dessus du tube un des moulages en plâtre correspondant à A, la voyelle est beaucoup plus parfaite, mais il faut que la note de ce résonnateur soit à l'unisson avec la vocable, c'est-à-dire avec la somme des vibrations du larynx; s'il n'en est pas ainsi, la voyelle est encore perçue, mais elle est désagréable à l'oreille. Cela confirme l'opinion de Lefort, qui disait qu'une voyelle fausse était une voyelle mal émise, c'est-à-dire pour laquelle la bouche n'avait pas la forme voulue.

» Pour obtenir É, EU, O, il faut que les fentes du plateau mobile soient réunies par groupes de deux, séparés par une fente bouchée; pour passer de É à O, on doit modifier la fente fixe; cette fente est très large pour O et très étroite pour É. Les tracés sont les mêmes qu'avec les voyelles naturelles et les conditions sont les mêmes que pour A, c'est-à-dire que la

(¹) *Conférences à la Sorbonne*, 1898.

note est représentée par le nombre de groupes et la vocable par le nombre total de vibrations.

» Pour obtenir I, U, OU, il faut que toutes les fentes soient ouvertes sans intervalle; mais, pour passer d'une voyelle à l'autre, il faut faire varier la vitesse du courant d'air, le diamètre des fentes et la tonalité; la présence des résonnateurs buccaux est indispensable pour I et U.

» Cette synthèse complète de toutes les voyelles constatées, non seulement par l'oreille, mais par leurs tracés, permet donc d'établir la théorie suivante qui n'est nullement contraire aux dispositions anatomiques du larynx :

» Pour former une voyelle, les cordes vocales inférieures vibrent dans un plan horizontal, de manière à empêcher par leur rapprochement la sortie de l'air. S'il y a trois rapprochements séparés par un intervalle, on a fatalement un A.

» Le résonnateur buccal se met à l'unisson de la somme des vibrations et la voyelle est bien émise. Autrement dit, si A est émis sur la note n, il faut que le résonnateur donne le troisième harmonique de cette note, sinon la voyelle existe encore, mais elle est désagréable à l'oreille, c'est-à-dire mal émise. Pour É, EU, O, il faut que les résonnateurs donnent le deuxième harmonique; pour passer d'une voyelle à l'autre, il suffit de changer la largeur de la fente glottique.

» Pour I, U, OU, il faut que le résonnateur soit à l'unisson de la note laryngienne; pour passer d'une voyelle à l'autre, on doit changer la vitesse du courant d'air et l'espace inter-glottique : le résonnateur buccal pour OU étant sur une note basse, OU est meilleur sur les notes basses; pour la même raison, I est meilleur sur les notes aiguës.

» *Application*. — On pourrait modifier, comme je viens de l'indiquer, les sirènes des navires, et l'on obtiendrait des signaux différents qui permettrait un alphabet international. »

PHYSIQUE APPLIQUÉE. — *Nouveau stéréomètre permettant la détermination de trois coordonnées rectangulaires d'un point quelconque d'un objet radiographié stéréoscopiquement.* Note de MM. **T. Marie** et **H. Ribaut**, présentée par M. Bouchard.

« Depuis longtemps nous avons montré [1] dans quelles conditions il fallait se placer, en Radiographie stéréoscopique, pour obtenir un objet

[1] *Comptes rendus*, 22 mars 1897.

virtuel absolument semblable à l'objet réel et n'exigeant aucun effort pour être examiné dans toutes ses parties, tout en donnant un relief maximum. L'appréciation des distances qui séparent les divers points de l'objet, décelables par la Radiographie, se fait ainsi avec exactitude. L'exactitude de cette appréciation est d'autant plus grande que les distances cherchées sont elles-mêmes plus faibles, car il est évident que l'erreur d'appréciation est liée directement à ces distances et lorsqu'elles dépassent quelques centimètres, ce qui se présente fréquemment dans l'étude du corps humain, l'évaluation peut devenir insuffisante pour les applications médicales. D'autre part, elle varie avec l'expérience de chaque observateur, et la critique d'évaluations de distances basées sur une simple appréciation visuelle est toujours possible.

» Ces considérations nous avaient amenés à rechercher la possibilité de mesurer en Stéréoscopie; question qui n'avait jamais été abordée avant nous. Nous avons donné successivement deux méthodes [1] basées sur le même principe, la superposition de deux couples stéréoscopiques, dont l'un représente l'appareil de mesure. Nous avons rapidement abandonné la première, car l'appareil de mesure était un réseau métallique difficile à construire et à utiliser pratiquement, mais la seconde, dans laquelle le couple de mesure était réduit à deux fils réels parallèles entre eux qu'on pouvait éloigner ou rapprocher l'un de l'autre, nous a donné toute satisfaction. L'appareil, que nous avons fait construire en partant de cette idée (et que nous avons appelé *stéréomètre,* parce qu'il donne, en réalité, la valeur du relief stéréoscopique), permet de déterminer, avec la plus grande facilité, la distance en profondeur qui sépare deux points quelconques ou, en d'autres termes, les distances qui séparent les divers plans de front de l'objet. La connaissance de cette coordonnée verticale est évidemment très importante, mais, dans la plupart des cas, elle est insuffisante pour fixer exactement la position dans l'espace d'un point quelconque. Pour arriver à ce résultat, il faut déterminer deux autres coordonnées qu'il est avantageux dans la pratique de prendre rectangulaires. C'est ce qu'on peut obtenir facilement au moyen du stéréomètre en le modifiant.

» *Principe de la méthode.* — On détermine la distance du point intéressant à trois plans rectangulaires, de position connue dans l'objet 1, un plan horizontal constitué par la surface sensible 2, deux plans verticaux, l'un parallèle à une ligne d'horizon, l'autre perpendiculaire. Nous savons déjà au moyen du stéréomètre déterminer la

---

(1) *Comptes rendus,* 8 août 1898 et 17 avril 1899.

distance au plan horizontal. Il nous reste à voir maintenant comment on peut mesurer les distances aux points verticaux dont la position dans l'objet sera comme s'ils passent par un point de repère superficiel, ce qui est toujours possible.

» Pour simplifier, on choisit le point de repère de manière qu'il soit dans un même plan de front que le point étudié. On est sûr qu'il existera un point de repère dans ce plan de front, si l'on dispose sur la surface de l'objet une ligne ininterrompue obliquement par rapport à la surface sensible (ce sera, par exemple, un fil de plomb à ondulations irrégulières). Il s'agit maintenant de déterminer quel est le point de cette ligne qui est situé dans le plan de front contenant le point étudié de l'objet. Pour cela, les fils de l'appareil portent chacun un nœud dont on met l'image virtuelle en coïncidence avec celle du point considéré (ce qui permet de connaître la coordonnée verticale), puis on déplace le stéréomètre sans modifier l'écartement des fils, jusqu'à ce que le nœud virtuel rencontre la ligne des points de repère. Le point de rencontre est le point cherché. Par ce moyen, on peut en même temps déterminer les deux composantes rectangulaires de ce mouvement, on a ainsi les données nécessaires pour calculer les coordonnées cherchées.

» *Description.* — L'appareil se compose du stéréomètre déjà décrit (1), dont les fils portent un nœud de repère au milieu. Ce stéréomètre est maintenu dans un premier cadre dans lequel il ne peut se déplacer que suivant une direction perpendiculaire à une ligne d'horizon : ce dernier cadre lui-même ne peut se mouvoir dans un second cadre fixe par rapport aux épreuves que suivant une ligne d'horizon. Des règles graduées en millimètres permettent de connaître la valeur de ces déplacements. De la valeur de ces déplacements A et B et connaissant, en outre, la coordonnée verticale (h) et la distance du tube à rayons X à la plaque (f), on déduit les coordonnées horizontales par les relations suivantes :

$$a = \frac{A(f-h)}{f}, \qquad b = \frac{B(f-h)}{f}.$$

» Les avantages de cet appareil sont les suivants :

» 1° Son principe est très simple, puisqu'il est basé uniquement sur les déplacements de deux fils parallèles ;

» 2° Sa construction et son fonctionnement sont aussi très simples. Les calculs, faciles à effectuer, sont basés sur des lectures de graduations linéaires ;

» 3° La précision dépasse de beaucoup les besoins des applications médicales. »

PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Influence anodique sur la conductibilité nerveuse chez l'homme.* Note de M. S. **Leduc**, présentée par M. d'Arsonval.

« *Influence sur la conductibilité pour les excitations électriques : Expérience.* — On place sur le nerf une *cathode fixe*, sur les points à étudier des

(1) *Comptes rendus*, 19 avril 1899 (*loc. cit.*).

électrodes qui, à l'aide de clés spéciales, peuvent successivement jouer le rôle d'anode : la surface de ces électrodes est réglée de façon que la résistance entre chacune d'elles et la cathode soit partout la même. Le muscle animé par le nerf en expérience est tendu par un poids de 1^{kg}, ses contractions sont enregistrées.

» *Résultats.* — 1° Lorsque l'anode est entre la cathode et les centres nerveux, et que le courant est descendant ou centrifuge, les contractions sont toujours beaucoup plus fortes que lorsque l'anode est entre la cathode et le muscle, les courants étant alors ascendants ou centripètes. Pour *une même excitation cathodique,* la variation des contractions, suivant les différentes positions de l'anode, *est très grande,* et peut s'étendre depuis la *contraction maxima jusqu'à l'absence de toute contraction.*

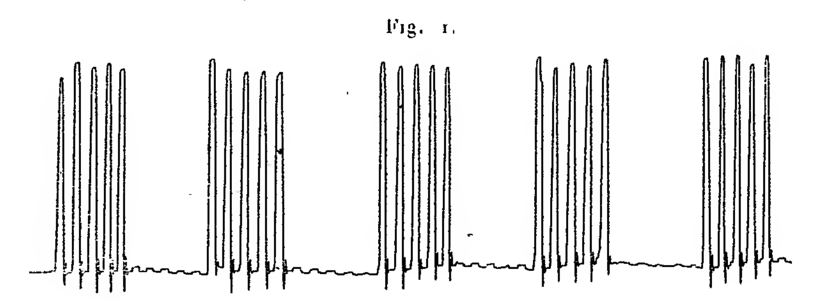
» 2° L'influence de la position de l'anode s'observe avec les *courants faradiques* aussi bien qu'avec les courants voltaïques; elle est d'autant plus marquée que le courant a une tension plus élevée, et augmente avec l'intensité jusqu'à ce que l'anode excite elle-même le nerf moteur.

» Le phénomène est analogue à celui que présente la grenouille lorsque l'on ferme sur son sciatique le circuit d'un fort courant voltaïque ascendant.

» Lorsque l'anode modificatrice se confond avec la cathode excitatrice, l'effet constitue la diminution anélectrotonique de l'excitabilité.

» La *fig.* 1 représente l'enregistrement des contractions produites par les courants induits (bobine à fil fin), les grandes amplitudes le raccour-

Fig. 1.

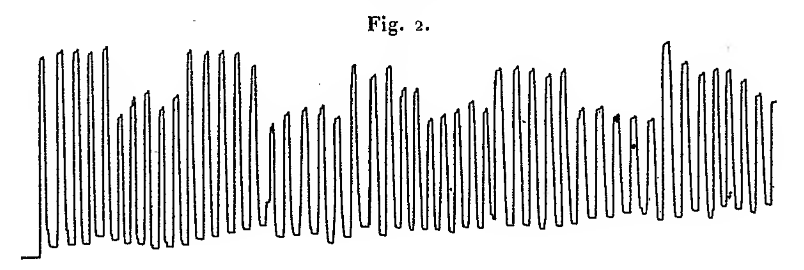


cissement du muscle lorsque l'anode est sur l'épigastre; l'abscisse montre, entre chaque groupe de contractions, l'interception complète de l'excitation cathodique lorsque l'anode est placée sur le nerf entre la cathode et le muscle.

» *Influence sur la conductibilité pour les impulsions volontaires.* — La cathode est à l'épigastre, l'anode sur le nerf; un ressort oppose une résistance croissante au raccourcissement du muscle. Toute les deux secondes

le sujet exerce volontairement le maximum de force pour tendre le ressort. Sur le graphique (*fig.* 2) les petites amplitudes correspondent aux moments où agit l'anode. les grandes amplitudes aux périodes d'interruption du

Fig. 2.



courant. L'influence de l'anode, ou du courant ascendant, pour augmenter la résistance au passage des impulsions volontaires est ainsi mise en évidence. La cathode ne produit pas le même effet. L'expérience a été faite sur des sujets ignorant le pôle que l'on faisait agir. »

PHYSIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Contribution à l'étude des relations entre la constitution chimique et l'action physiologique des dérivés alkylés des alcaloïdes* (¹). Note de M. **W. Rosenstein**, présentée par M. Brouardel.

« Depuis les recherches de Brown et Fraser (²) et de Cahours, Jolyet et Pellissard (³), il est généralement admis que le radical alkylique (méthyle, éthyle, etc.) fixé à l'azote nucléaire d'un grand nombre d'alcaloïdes dérivés de la pyridine rend cet alcaloïde curarisant, quelle que soit son action physiologique primitive (⁴). Les observations ultérieures semblaient venir appuyer cette hypothèèe.

» Tous ces produits alkylés qui provoquent la paralysie étant des bases quaternaires, comme l'a déjà fait remarquer Bœhm (⁵), nous avons établi une série d'expériences pour éclairer ce point important de pharmacodynamie et répondre à la question suivante :

» *La fixation de un ou de plusieurs radicaux alkyliques à l'azote nucléaire*

(¹) Travail fait au laboratoire de Pharmacologie de la Faculté de Médecine de l'Université de Paris.

(²) *Trans. of the R. Soc. of Edinbourg*, t. XXV, p. 151 et 693.

(³) *Comptes rendus*, t. LXVI, p. 1131. — Pellissard, *Thèse de Paris*.

(⁴) Nothnagel et Rossbach, *Thérap.*, p. 780; 1889. — Hoppe-Seyler, *Arch. für exp. Path. und Ph.*, t. XXIV, p. 241.

(⁵) *Ibid.*, t. XXXV, p. 28.

des alcaloïdes du groupe pyridique est-elle capable, à elle seule, de communiquer à ces alcaloïdes un pouvoir paralysant, ou faut-il que l'alcaloïde soit transformé en une base quaternaire pour que ce pouvoir paralysant se manifeste?

» Nous relatons ici les résultats des expériences comparatives au sujet de la cinchonine et de ses dérivés alkylés.

» *Cinchonine :* $C^{19}H^{22}Az^2O$. — Conformément aux expériences de Laborde (1), de Bochefontaine (2) et de Langlois (3), nous avons constaté le pouvoir convulsivant de cet alcaloïde. 0gr,10 de son chlorhydrate basique déterminent la mort d'un cobaye de 500gr (4).

» *Le chlorométhylate de cinchonine :* $C^{19}H^{22}Az^2O.CH^3Cl$ à la dose de 0gr,020 et dans les mêmes conditions donne lieu à des phénomènes paralytiques en tous points comparables à ceux signalés par Brown et Fraser, Cahours, Jolyet et Pellissard, et par d'autres observateurs dans leurs études sur les bases quaternaires.

» *Le chlorhydrate de méthylcinchonine :* $C^{19}H^{21}(CH^3)Az^2O.HCl$, isomère du précédent, détermine des phénomènes absolument contraires caractérisés par des accidents tétaniques et épileptiformes. La dose mortelle est 0gr,05.

» Avec *le chlorométhylate de méthylcinchonine :* $C^{19}H^{21}(CH^3)Az^2O.CH^3Cl$, les phénomènes sont semblables à ceux produits par le chlorométhylate de cinchonine. Dose mortelle : 0gr,020.

» *Le chlorhydrate de diméthylcinchonine :* $H^{19}H^{20}(CH^3)^2Az^2O.HCl$, isomère du précédent, donne lieu aux mêmes phénomènes que le chlorhydrate de méthylcinchonine. Dose mortelle : 0gr,05.

» *Le chlorobenzylate de diméthylcinchonine :* $C^{19}H^{20}(CH^3)^2Az^2O.C^7H^7Cl$, détermine les mêmes manifestations que le chlorométhylate de cinchonine et de méthylcinchonine. Dose mortelle : 0gr,020.

» *Le dichlorométhylate de cinchonine :* $C^{19}H^{22}Az^2O.(CH^3Cl)^2$ agit comme le précédent. Dose mortelle : 0gr,020.

» *Le chlorhydrate de cinchotoxine :* $C^{19}H^{22}Az^2O.HCl$, isomère du chlorhydrate de cinchonine, agit comme le chlorhydrate de méthyl et de diméthylcinchonine. Même dose mortelle : 0gr,05.

» Dans tous ces produits alkylés de la cinchonine, excepté le dichlorométhylate (dans lequel les deux azotes sont chlorométhylés), les résidus alcooliques sont fixés à l'azote du noyau II de la cinchonine (5).

» Ces expériences montrent que ni le premier ni le second radical mé-

---

(1) *Comptes rendus de la Soc. de Biol.*, p. 257; 1877.

(2) *Comptes rendus*, t. XCVI, p. 503.

(3) *Trav. du labor. de Ch. Richet*, t. III, p. 53.

(4) Pour toutes nos expériences, nous nous sommes servi d'une solution aqueuse à 2 pour 100 en injection intrapéritonéale; les doses sont calculées approximativement pour un cobaye de 500gr.

(5) Freund et Rosenstein, *Ann. d. Ch. Ph.*, 277, p. 277-290.

thylique fixé à l'azote du noyau II de la cinchonine ne change le pouvoir convulsivant de ce dernier corps.

» Bien que la méthylcinchonine soit deux fois plus active que la cinchonine, cette augmentation de toxicité ne semble pas due uniquement à la fixation de CH^3 à l'azote nucléaire de la cinchonine. Elle semble plutôt inhérente au changement de disposition atomique subi par la cinchonine à la suite de la méthylation. La cinchotoxine, qui possède la même disposition atomique fondamentale que la méthylcinchonine, présente la même toxicité que celle-ci. Il suffit de comparer les schémas constitutifs des noyaux II de ces corps ([1]) pour comprendre que la méthylcinchonine dérive de la cinchotoxine par la substitution de CH^3 à l'atome d'hydrogène fixé à l'azote nucléaire et que par conséquent la méthylcinchonine est identique à la méthylcinchotoxine; donc c'est à la cinchotoxine et non pas à la cinchonine qu'il faut comparer la méthylcinchonine afin d'apprécier des modifications pharmacodynamiques résultant de la fixation du groupe CH^3 à l'azote nucléaire.

» On voit que le remplacement de l'hydrogène par CH^3 n'a pas changé la toxicité de la base dont dérive le produit méthylé.

» Par conséquent, ni le premier, ni le second radical méthylique fixé à l'azote nucléaire du noyau II de la cinchotoxine ne modifie ni le pouvoir convulsivant, ni la toxicité de celle-ci.

» Il en est tout à fait autrement avec les bases quaternaires. Aussitôt qu'une base tertiaire : la cinchonine, la méthyl et la diméthylcinchonine est transformée en base quaternaire, quel que soit le nombre de résidus alcooliques fixés à l'azote nucléaire, le pouvoir convulsivant disparaît complètement pour donner lieu à des phénomènes de paralysie. Ainsi le chlorométhylate de cinchonine et de méthylcinchonine, le chlorobenzylate de diméthylcinchonine et le dichlorométhylate de cinchonine provoquent tous des manifestations de paralysie.

» La dose mortelle pour tous ces produits quaternaires est sensiblement la même : $0^{gr},020$; ils sont par conséquent 5 fois plus toxiques que la cinchonine et 2 fois $\frac{1}{2}$ plus actifs que la méthyl et la diméthylcinchonine.

» Les expériences faites avec les dérivés correspondants de la quinine nous ont donné des résultats analogues.

» L'*iodométhylate de quinine* $C^{20}H^{24}Az^2O^2CH^3I$ et l'*iodométhylate de méthyl-*

([1]) Miller et Rhode, *D. ch. Ges.*, t. XXVIII, p. 1056. — Pictet, *Const. chim. des alcal. vég.*, 1897.

quinine $C^{20}H^{23}(CH^3)Az^2O^2.CH^3I$ agissent comme les bases quaternaires analogues dérivant de la cinchonine.

» Le *chlorhydrate de méthylquinine* $C^{20}H^{23}(CH^3)Az^2O^2.HCl$ est fortement convulsivant. Ce pouvoir convulsivant que la quinine ne possède pas peut être expliqué par la même transformation atomique qui a lieu dans la cinchonine, les noyaux II de la cinchonine et de la quinine étant identiques. Donc il serait faux d'attribuer au méthyle la transformation de la quinine en un poison convulsivant.

» D'après Kenderick ([1]) l'idométhylate de pyridine et de quinoléine auraient entre autres un pouvoir convulsivant. Conformément aux expériences de Santesson ([2]), nous avons pu constater que l'*iodométhylate de pyridine* provoque de la paralysie et des tremblements. Les secousses convulsives ne sont que des manifestations ultimes de la mort.

» Donc jusqu'à nouvel ordre on peut admettre que *la paralysie produite par les bases quaternaires est due non pas à la fixation de un ou de plusieurs alkyles à l'atome de l'azote nucléaire, mais à la disposition atomique particulière, propre aux bases quaternaires. Quant au changement dans l'action physiologique produit par la fixation de un ou de deux radicaux alkyliques à l'azote nucléaire, on ne peut à l'heure actuelle faire aucune généralisation.* Dans la cinchotoxine l'introduction du premier et du second méthyle ne produit aucun changement appréciable. »

M. **Edm. Bénel** adresse une Note relative à une « Modification à apporter à l'interrupteur de Foucault, et destinée à donner, dans les bobines de Ruhmkorff, l'inversion du courant inducteur ».

M. **T.-L. Phipson** adresse une Note « Sur la nature de l'argon ».

A 4 heures un quart l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 5 heures.

M. B.

([1]) *British med. Journ.*, 4 mai; 1878. (Suppl. 94.)

([2]) *Arch. für exp. Path. und Ph.*, t. XXXV, p. 16.

ERRATA.

(Séance du 19 février 1900.)

Note de Mlle *J. Joteyko*, Le quotient de la fatigue $\frac{H}{N}$:

Page 528, ligne 15, *au lieu de* facteurs de la fatigue, *lisez* quotients de la fatigue.
Même page, ligne 19, *au lieu de* deuxième facteur, *lisez* deuxième quotient.

(Séance du 5 mars 1900.)

Note de M. *Arm. Sabatier*, Morphologie de la ceinture pelvienne chez les Amphibiens :

Page 634, ligne 1, *au lieu de* modèle, *lisez* urodèle.
Même page, ligne 16, *au lieu de* unifications, *lisez* ossifications.
Même page, ligne 24, au lieu de *Liredon*, lisez *Siredon*.
Page 635, ligne 2, *au lieu de* côtés, *lisez* côtes.
Même page, lignes 5, 6 et 7, *au lieu de* acétabulaire, *lisez* acétabulum.
Même page, ligne 31, au lieu de *Chryrophrys*, lisez *Chrysophrys*.
Même page ligne 33, au lieu de *Zens*, lisez *Zeus*.
Page 636, ligne 1, au lieu de *Triglalyra*, *Peristetlius cotaphractum*, lisez *Trigla lyra*, *Peristethus cataphractum*.
Même page, ligne 17, au lieu de *Mugilcephælus*, lisez *Mugil cephalus*.
Même page, ligne 18, au lieu de *Peristhetus*, lisez *Peristethus*.

COMPTES RENDUS

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 19 MARS 1900,

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE LÉVY.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Forces liées à l'état d'élasticité parfaite que la contraction dynamique crée dans la substance musculaire. Travail physiologique intime constitué par cette création*; par M. A. CHAUVEAU.

« Pour l'intelligence des faits nouveaux à l'exposition desquels cette Note est consacrée, je dois y adapter, dans une très brève revue, les conclusions de mes recherches antérieures sur la contraction musculaire non accompagnée de travail mécanique [1].

» I. ÉLASTICITÉ MUSCULAIRE DANS LE CAS DE CONTRACTION STATIQUE. — L'élasticité parfaite dont jouit un muscle en contraction statique, pour le soutien fixe d'une charge, se traduit par les caractères suivants :

» 1° *La résistance à l'allongement*, c'est-à-dire *le coefficient d'élasticité* du muscle, possède une valeur proportionnelle à la charge soutenue;

---

[1] *Comptes rendus*, t. CXXVII, 12 et 26 décembre 1898; *Journal de Physiol. et de Pathol. gén.*, p. 157 et 181; 1899.

» 2° Sa *rétractilité*, c'est-à-dire la propriété qui permet à l'organe de se raccourcir spontanément, quand on supprime ou allège instantanément la charge soutenue, en d'autres termes, la *force élastique* du muscle est également proportionnelle à cette charge;

» 3° Le degré de raccourcissement du muscle contracté et l'épaississement qui en résulte, c'est-à-dire la longueur et la section de l'organe, sont sans influence sur les manifestations de ces deux propriétés essentielles, *résistance à l'allongement* provoqué par l'addition de surcharges et *rétractilité* mise en jeu par la soustraction totale ou partielle des charges soutenues;

» 4° Ces faits s'expliquent très bien par la coexistence de deux forces de tension, dépendant de l'état d'élasticité parfaite que possède le muscle en contraction statique, forces étroitement liées l'une à l'autre, agissant dans le même sens et se confondant ainsi dans leurs effets :

» *a*. L'une équilibre la résistance intérieure que le muscle, tendu par la charge, oppose au maintien de son raccourcissement. Cette force de tension se manifeste dans la résistance qu'on éprouve à faire disparaître le raccourcissement du muscle sous l'action d'une force extérieure. Elle a cette dernière pour mesure : c'est dire qu'elle est proportionnelle au produit de la valeur du raccourcissement du muscle par celle de la charge qu'il soutient.

» *b*. L'autre force équilibre la résistance extérieure, c'est-à-dire la charge soutenue, et a cette charge même pour mesure. Elle est mise en évidence par la rétraction que provoque la suppression ou l'allègement de cette charge. Donc elle se manifeste aussi nettement que possible comme la *force élastique* même du muscle en contraction.

» 5° La création de ces forces peut être considérée comme le but de la contraction du muscle, c'est-à-dire comme son *travail physiologique propre*. Celui-ci est donc proportionnel au produit de ces forces par le temps pendant lequel elles agissent.

» Soient F la somme de ces forces de tension; K, la constante attachée aux éléments qui en constituent la valeur proportionnelle; p, la charge soutenue; r, le degré de raccourcissement du muscle; t, la durée de la contraction; ω, le travail physiologique qu'elle représente; K′, le coefficient spécial de ce dernier. Les forces et le travail intime qui les crée — ou qu'elles accomplissent, comme on voudra — peuvent être exprimés ainsi qu'il suit :

$$F = Kpr + p,$$

$$\omega = K't(Kpr + p) \qquad \text{ou} \qquad \omega = K'tF.$$

» II. Élasticité musculaire dans le cas de contraction dynamique. — Les propriétés du muscle en état de contraction dynamique ne sauraient différer de celles du muscle en contraction statique. Comme celui-ci, celui-là jouit d'une élasticité parfaite, source d'une *résistance à l'allongement* et d'une *tendance à la rétraction,* proportionnelles l'une et l'autre à la charge mise en *mouvement uniforme* par le muscle contracté.

» Mais les *forces de tension* qui soutiennent cette charge soit à la montée, soit à la descente, ne peuvent plus s'exprimer de la même manière que dans le cas de contraction statique. Le raccourcissement, r, n'étant pas fixe, il faut le compter avec la valeur moyenne qu'il possède entre le début et la fin de la course du muscle. Il devient donc $\frac{r+r'}{2}$.

» Par conséquent, en faisant abstraction des puissantes influences modificatrices dont il va être question dans un instant, la somme des forces de tension dans le cas de contraction dynamique s'exprime par

$$F = Kp\frac{r+r'}{2} + p.$$

» Mais la valeur de ces *forces de tension* est modifiée par l'intervention de la *force motrice* qui imprime à la charge soutenue son *mouvement uniforme* ascendant ou descendant.

» Dans le cas de *mouvement ascendant* de la charge, la *force motrice,* créée par la contraction pour opérer le soulèvement de cette charge, ajoute nécessairement sa valeur à celle des *forces de soutien.* La *force motrice*, en effet, agit dans le même sens que ces dernières, c'est-à-dire contre l'*action résistante* de la pesanteur, donc proportionnellement au *travail moteur* du muscle, ou au *travail extérieur positif.*

» Dans le cas de *mouvement descendant*, au contraire, c'est une diminution, d'égale valeur à l'augmentation ci-dessus, que les *forces de soutien* éprouvent du fait de l'intervention de la *force motrice,* constituée par la pesanteur. Pendant l'allongement volontaire du muscle, les forces de soutien s'y atténuent de manière à permettre l'*action motrice* de la pesanteur, c'est-à-dire proportionnellement à la valeur du *travail résistant* du muscle, ou au *travail extérieur négatif.*

» III. Démonstration expérimentale de l'influence exercée par les forces motrices sur la valeur des forces de soutien, pendant les travaux moteur et résistant du muscle. — Cette intervention des forces motrices à action positive ou négative, dans l'accroissement ou l'af-

faiblissement des forces de soutien créées par la contraction musculaire, se déduit logiquement de toutes mes démonstrations antérieures sur l'élasticité des fléchisseurs de l'avant-bras en contraction statique. Mais il est facile d'ajouter au théorème géométrique dans lequel j'ai montré cette intervention, une démonstration expérimentale directe sur les mêmes muscles en contraction dynamique.

» *Expériences.* — L'outillage employé pour provoquer l'extension et la rétraction des fléchisseurs de l'avant-bras, par l'addition et la soustraction de surcharges, dans mes expériences sur la contraction statique, a été disposé de manière à permettre d'opérer pendant que les muscles se trouvent en voie de raccourcissement ou d'allongement, pour soulever ou abaisser une charge donnée. Pour obtenir ce résultat, il y avait à vaincre les difficultés attachées à la manœuvre des poids ajoutés ou enlevés à la charge en mouvement. On y est parvenu en dissociant complètement l'addition et la soustraction de ces poids. L'addition s'effectue par le soulèvement brusque d'un poids compensateur disposé en antagonisme comme dans la machine d'Atwood; la soustraction, par le soulèvement brusque d'un autre poids rattaché à la charge soutenue par un fil suspenseur long et souple. Les deux opérations se font à la main, sans l'intermédiaire d'aucun mécanisme, avec une précision et une sûreté ne laissant rien à désirer. On les répète en imprimant à l'entraînement de la charge des vitesses variées et en inscrivant les résultats sur le cylindre enregistreur animé d'un mouvement régulier toujours le même. C'est un poids de 500^{gr} qui a été invariablement ajouté à une charge de 500^{gr} ou soustrait à une charge de 1^{kg}.

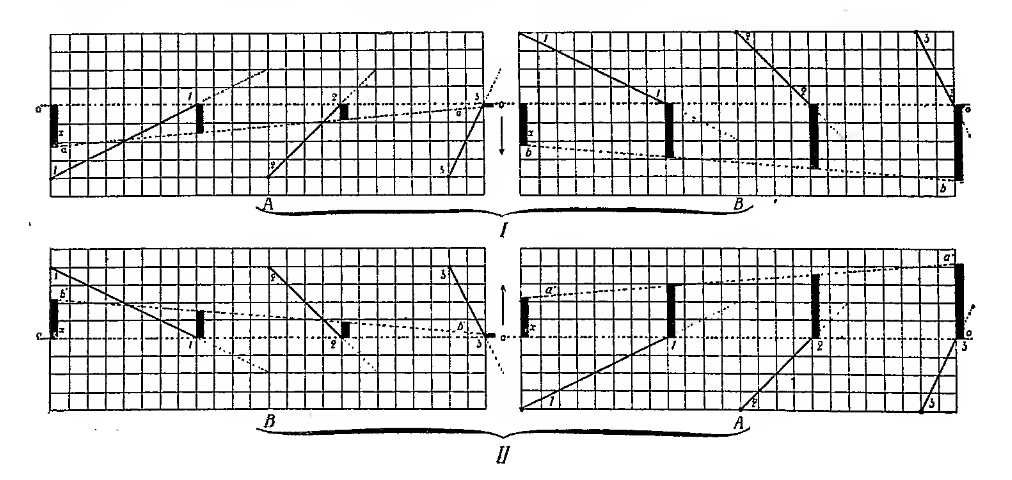
» Les graphiques qui ont été obtenus sont très fidèlement résumés et simplifiés dans les schémas ci-joints :

» Dans les schémas I, la charge passe brusquement du poids 500^{gr} au poids 1000^{gr}. Ils représentent l'influence exercée sur les effets de l'*addition* de la surcharge, c'est-à-dire sur la valeur du *coefficient d'élasticité* du muscle, par les vitesses 1, 2, 3 d'entraînement de la charge, soit dans le cas du soulèvement (travail positif), A, soit dans le cas de l'abaissement (travail négatif), B : le cas de la contraction statique, x, servant de terme de comparaison.

» Dans les schémas II, la charge passe brusquement du poids de 1000^{gr} au poids de 500^{gr}. On y trouve représentée l'influence exercée par l'intervention de la force motrice dans les mêmes conditions que ci-dessus, sur les effets de la *soustraction* de la surcharge, c'est-à-dire sur les manifestations de la *force élastique* du muscle.

» On voit très nettement, d'après l'abscisse o, o, point de départ des allongements et des rétractions, et par les lignes de pentes aa, $a'a'$, bb, $b'b'$, que la résistance à l'allongement (*coefficient d'élasticité*) et l'aptitude à la

rétraction (*force élastique*) qui traduisent, dans le muscle, l'existence et la valeur des forces de soutien s'accroissent ou s'affaiblissent proportionnellement à la vitesse d'entraînement de la charge.



» Or, la vitesse uniforme, $\frac{l}{t}$ (quotient de la valeur du chemin parcouru et de celle du temps employé au parcours), imprimée à une masse p par l'action d'une force motrice que règle incessamment la volonté, représente la valeur proportionnelle de cette force.

» Donc l'accroissement et l'affaiblissement constatés dans les *forces de soutien* tiennent à ce que la *force motrice* s'y ajoute ou s'en retranche *avec sa valeur propre*.

» Il résulte encore des graphiques que, quand le travail positif et le travail négatif ont la même valeur, les actions inverses exercées par les deux forces motrices qui sont la cause de ces travaux extérieurs ont aussi la même valeur.

» Donc ces forces opposées sont égales et l'influence qu'elles exercent peut s'exprimer par le même symbole, affecté du signe + ou du signe −.

» IV. Expression des forces développées dans le muscle par l'état de contraction dynamique. — Désignons par φ la force motrice qui modifie la valeur des forces de tension dans le muscle en contraction dynamique; l'expression donnée ci-devant à la valeur des forces développées par le muscle en contraction statique devient :

» Avec le *travail positif*,

$$F' = \left(Kp\,\frac{r+r'}{2} + p\right) + \varphi;$$

» Avec le *travail négatif*,

$$F'' = \left(Kp\frac{r+r'}{2} + p\right) - \varphi.$$

» Et si, pour simplifier, nous réunissons sous un signe unique, f, tous les éléments constitutifs de la valeur de la force de tension, nous obtenons :

» Dans le cas de *travail positif*,

$$F'' = f + \varphi;$$

dans le cas de *travail négatif*,

$$F'' = f - \varphi.$$

» D'où

$$F' - F'' = 2\varphi.$$

$$F' + F'' = 2f.$$

» Mais, d'après ce qui vient d'être dit plus haut, la valeur de φ, force motrice, est définie par la vitesse $\frac{l}{t}$, imprimée à la charge p, c'est-à-dire par la longueur du chemin que cette charge parcourt dans l'unité de temps. En d'autres termes, la force motrice possède une valeur inverse à celle du temps, t, employé à l'exécution du travail mécanique ($T = pl$) que cette force accomplit. On peut donc, pour exprimer φ, en désignant par λ le rapport de la force motrice au travail extérieur, écrire

$$\varphi = \lambda\frac{pl}{t}, \qquad \text{ou} \qquad \varphi = \lambda\frac{T}{t}.$$

» Substituons $\lambda\frac{T}{t}$ à φ dans les deux formules qui expriment la valeur proportionnelle des forces créées par l'état de contraction dynamique, on a alors

$$F' = f + \lambda\frac{T}{t},$$

$$F'' = f - \lambda\frac{T}{t}.$$

» D'où, pour la différence des forces totales que le muscle fait intervenir dans l'exécution des deux sortes de travaux extérieurs, positif et négatif,

$$F' - F'' = 2\lambda\frac{T}{t}.$$

» V. Expression du travail physiologique lié aux forces créées dans le muscle par la contraction dynamique. — De même que dans le cas de la contraction statique, le travail physiologique effectué dans la création des deux sortes de forces mises en jeu par la contraction dynamique est proportionnel à la durée t de leur fonctionnement, ce qui est exprimé dans les formules suivantes, où f continue à être employé pour représenter en bloc la valeur des forces de tension :

Cas du *travail positif*,

$$\omega' = (\mathrm{K}' t f) + \left(t\lambda \frac{\mathrm{T}}{t}\right) \quad \text{ou} \quad \omega' = (\mathrm{K}' t f) + \lambda \mathrm{T}.$$

» Cas du *travail négatif*,

$$\omega'' = (\mathrm{K}' t f) - \left(t\lambda \frac{\mathrm{T}}{t}\right) \quad \text{ou} \quad \omega'' = (\mathrm{K}' t f) - \lambda \mathrm{T}.$$

» D'où

$$\omega' - \omega'' = 2\lambda \mathrm{T}.$$

» On voit que l'expression t, de la durée de l'activité, ou du travail physiologique, du muscle en contraction dynamique, ne persiste que dans le premier terme de l'équation de ce travail ($\omega = \mathrm{K}' t f \mp \lambda \mathrm{T}$). Ce terme est celui qui représente la part de la création des forces de tension. L'autre, celui qui exprime l'augmentation ou la diminution du travail de soutien par l'intervention de la force motrice, est soustrait à cette influence de la durée de la contraction, parce que ce deuxième terme a pour base le travail extérieur ou mécanique, dont la valeur absolue est indépendante du temps que le muscle met à accomplir ce travail. Il apparaît ainsi que la disjonction complète des deux termes qui s'additionnent pour constituer la valeur de ω, travail physiologique ou intérieur du muscle, s'impose, dans tous les cas de contraction dynamique, comme une nécessité.

» Cette disjonction s'impose également dans l'analyse des lois de la dépense énergétique et de la thermogenèse produites par ce travail intérieur du muscle en contraction dynamique, ainsi que par les divers travaux connexes dont le travail essentiel s'accompagne et qui sont aussi d'actifs consommateurs d'énergie. Je ne pourrais faire tenir l'exposition de ces lois, dérivées de celles des forces liées à l'élasticité de l'état de contraction, dans une Note des *Comptes rendus*. On trouvera cette exposition dans le prochain numéro du *Journal de Physiologie*. »

M. DE LAPPARENT fait hommage à l'Académie de la troisième et dernière Partie de la 4e édition de son « Traité de Géologie ».

NOMINATIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à la nomination d'une Commission qui sera chargée de préparer une liste de candidats à une place d'Associé étranger, laissée vacante par le décès de Sir *Edward Frankland*.

Cette Commission doit comprendre trois Membres pris dans les Sections de Sciences mathématiques, trois Membres pris dans les Sections de Sciences physiques, et le Président actuel de l'Académie.

MM. CORNU, LŒWY, DARBOUX, VAN TIEGHEM, A. MILNE-EDWARDS, BERTHELOT réunissent la majorité des suffrages.

CORRESPONDANCE.

M. E. FISCHER, nommé Correspondant, adresse ses remercîments à l'Académie.

M. le SECRÉTAIRE PERPÉTUEL signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Le premier Volume de l'Ouvrage de M. *W. Obroutchef*, « L'Asie centrale, la Chine septentrionale et le Nan-Shan »; Saint-Pétersbourg, 1900;

2° Une brochure du P. *Juan Doyle*, sous-directeur de l'observatoire de Manille, « Les typhons de l'Archipel des Philippines et des mers environnantes, en 1895 et 1896 »;

3° Un Volume de Mme *Clémence Royer*, « La constitution du monde. Dynamique des atomes ».

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les équations aux dérivées partielles du second ordre linéaires et à coefficients constants.* Note de M. **J. Coulon**, présentée par M. C. Jordan.

« Nous nous proposons dans cette Note de signaler certaines solutions remarquables de l'équation

$$\sum_{i=1}^{p} \frac{\partial^2 U}{\partial x_i^2} - \sum_{i=1}^{q} \frac{\partial^2 U}{\partial y_j^2} = 0$$

et de les appliquer à la détermination d'une solution définie par ses valeurs et celles d'une certaine fonction de ses dérivées du premier ordre, sur une multiplicité ponctuelle à $p+q-1$ dimensions. Nous désignerons par $U(x, y)$ une fonction analytique de toutes les variables x et y, et nous ferons usage des notations suivantes :

$$r = \sqrt{\sum_{i=1}^{p} (x_i - x_i^0)^2}, \qquad t = \sqrt{\sum_{j=1}^{q} (y_j - y_j^0)^2},$$

$$\Delta^{pq} U = \sum_{i=1}^{p} \frac{\partial^2 U}{\partial x_i^2} - \sum_{j=1}^{q} \frac{\partial^2 U}{\partial y_j^2},$$

$$D_n^{pq} U = \sum_{i=1}^{p} \frac{\partial U}{\partial x_i} \frac{\partial x_i}{\partial n} - \sum_{j=1}^{q} \frac{\partial U}{\partial y_j} \frac{\partial y_j}{\partial n}.$$

» 1. Considérons les solutions de la forme $\varphi(r, t)$; si l'on remplace dans $\Delta^{pq} U = 0$, on obtient l'équation à invariants égaux

$$A(p, q) = \frac{\partial^2 \varphi}{\partial r^2} - \frac{\partial^2 \varphi}{\partial t^2} + \frac{p-1}{r} \frac{\partial \varphi}{\partial r} - \frac{q-1}{t} \frac{\partial \varphi}{\partial t} = 0.$$

Elle se ramène à l'équation d'Euler et Poisson par la remarque suivante : si $\varphi(r, t)$ désigne une solution de $A(p, q)$, $\frac{1}{r}\frac{\partial \varphi}{\partial r}$ est solution de $A(p+2, q)$, et $\frac{1}{t}\frac{\partial \varphi}{\partial t}$ l'est de $A(p, q+2)$.

» Les fonctions de la forme $t^n \varphi\left(\frac{r}{t}\right)$ ont une grande importance. Si l'on effectue le changement de variable $\frac{r^2}{t^2} = x$, on a, pour déterminer q,

l'équation bien connue des fonctions hypergéométriques

$$x(1-x)\varphi'' + \left(\frac{p}{2} + \frac{2n+q-4}{2}x\right)\varphi' - \frac{n}{2}\,\frac{n+q-2}{2}\varphi = 0.$$

Nous utiliserons également des solutions de la forme

$$t^n\left[\varphi\left(\frac{r}{t}\right) + \log t\,\psi\left(\frac{r}{t}\right)\right];$$

ψ est une fonction hypergéométrique et φ s'en déduit à l'aide de quadratures.

» II. Pour appliquer ces résultats à la résolution de l'équation $\Delta^{pq}U = 0$, nous partirons de l'identité

$$\int_{\omega+R+C}[U D_n^{p+q}\varphi(r,t) - \varphi(r,t)D_n^{pq}U]\,ds = 0;$$

U et φ sont deux solutions de $\Delta^{pq}U = 0$, ω une multiplicité ponctuelle à $p+q-1$ dimensions sur laquelle on se donne U et l'expression $D_n^{pq}U$, R le cylindre $r-\Sigma = 0$, C le cône $\frac{r}{t} - 1 = 0$. L'intégration est étendue à la frontière d'un continuum limité par ces surfaces et dans la région où $\frac{r}{t} - 1 \leqq 0$.

» Nous prendrons pour φ une fonction définie par les conditions suivantes :

» 1° L'intégrale étendue au cône C est identiquement nulle ;

» 2° L'intégrale étendue au cylindre R se réduit, pour $\lim \varepsilon = 0$, à

$$\int_{\omega_q} g(t)U(x_0, y)\,d\omega_q,$$

$d\omega_q$ étant l'élément infinitésimal de la multiplicité ω_q à laquelle se réduit le cylindre ;

» 3° $q(t)$ est tel qu'en désignant par ∇_q le symbole

$$\nabla_q = \frac{\partial^2}{\partial y_1^{0\,2}} + \frac{\partial^2}{\partial y_2^{0\,2}} + \ldots + \frac{\partial^2}{\partial y_q^{0\,2}},$$

et par ∇_q^μ ce symbole répété μ fois, on ait

$$\nabla_q^\mu g(t) = \frac{A_0}{t^{q-2}}.$$

La résolution de cette dernière équation montre que $g(t)$ pourra être

de l'une des formes suivantes : q impair, $q(t) = C_0 t^{2n+1}$; et q pair,

$$g(t) = C_0 t^{2n} L(t), \qquad 2n > 0.$$

» Supposons trouvée une telle fonction φ et faisons tendre ε vers o ; on obtiendra

$$\int_{\omega_q} g(t) U(x_0, y) d\omega_q = \int_{\omega} [U D_n^{pq} \varphi(r, t) - \varphi(r, t) D_n^{p,q} U] d\omega ;$$

effectuons maintenant sur les deux membres l'opération $\nabla^{\mu+1}$, un théorème de Poisson généralisé donnera le formule finale

$$A_0 U(x_0, y_0) = \nabla^{\mu+1} \int_{\omega} [U D_n^{pq} \varphi(r, t) - \varphi(r, t) D_n^{pq} U] d\omega.$$

» Dans la détermination de φ, deux cas sont à distinguer :

» 1° q impair, on prendra

$$\varphi(r, t) = t^n x^{1-\frac{p}{2}} (1 - x)^{\frac{p+q}{2} + n - 1} F\left(\frac{n+2}{2}, \frac{n+q}{2}, n + \frac{p+q}{2}, 1 - x\right),$$
$$x = \frac{r^2}{t^2},$$

avec n pair et positif si p est impair, n impair dans le cas contraire ;

» 2° q pair, on aura recours aux solutions de la forme

$$\varphi(r, t) = t^n \left[\varphi\left(\frac{r}{t}\right) + \operatorname{Log} t \, \psi\left(\frac{r}{t}\right)\right].$$

» Pour ψ nous prendrons le coefficient de t^n dans l'équation précédente ; φ est alors déterminée à l'aide de ψ par des quadratures.

» Le intégrales employées supposent $p > 2$; il faut, en outre, que la multiplicité ω et les données initiales soient telles que les intégrales aient un sens. Nous nous proposons de revenir sur les cas d'exception. »

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les systèmes différentiels à points critiques fixes.* Note de M. **Paul Painlevé**, présentée par M. Appell.

« Dans des Notes antérieures, j'ai déterminé *explicitement* toutes les équations

(1) $$y'' = R(y', y, x),$$

à points critiques fixes (R désigne une fraction rationnelle en y', algébrique en y, analytique en x).

» La méthode que j'ai employée est applicable à un système différentiel *quelconque* (dont l'intégrale générale ne dépend que de constantes) : je voudrais en indiquer ici les grandes lignes et quelques applications.

» La méthode, en fait, se décompose en deux méthodes distinctes : la première a pour objet de trouver des conditions *nécessaires* pour que les points critiques soient fixes; la seconde, de reconnaître si ces conditions sont ou non *suffisantes*.

» Pour fixer les idées nous considérerons le système

$$(\mathrm{S}) \qquad \frac{dy}{dx} = \frac{\mathrm{A}(x, y, z)}{\mathrm{C}(x, y, z)}, \qquad \frac{dz}{dx} = \frac{\mathrm{B}(x, y, z)}{\mathrm{C}(x, y, z)},$$

où A, B, C sont trois polynomes en x, y, z.

» I. *Recherche des conditions nécessaires.* — La méthode repose sur cette remarque bien intuitive :

» Quand un système différentiel, qui dépend d'un paramètre α, a ses points critiques fixes pour α quelconque (mais différent de zéro), il en est de même, *a fortiori*, pour $\alpha = 0$. Plus généralement, si l'on développe les fonctions inconnues $y(x)$, $z(x)$ suivant les puissances croissantes de α, les coefficients du développement ont leurs points critiques fixes.

» Pour appliquer cette remarque à un système différentiel donné, on introduit, dans ce système, un paramètre α tel que, pour α quelconque, le nouveau système ait ses points critiques fixes en même temps que le système donné, et que, pour $\alpha = 0$, il soit intégrable. Dans le développement des fonctions inconnues suivant les puissances de α, les coefficients sont alors définis par des quadratures, et en exprimant que ces coefficients ont leur points critiques fixes, on obtient explicitement des conditions *nécessaires*. On applique à nouveau le même procédé au système (S) simplifié par ces premières conditions, et ainsi de suite, jusqu'à ce que le procédé ne donne plus de conditions nouvelles.

» Précisons sur le système (S) : Soit $z = g(x_0, y_0)$ un zéro de $\mathrm{C}(x_0, y_0, z)$. Posons $z = g(x, y) + \zeta$; il vient : $\zeta^m y' = \mathrm{P}(x, y, \zeta)$, $\zeta^n \zeta' = \mathrm{Q}(x, y, \zeta)$, $\mathrm{P}(\zeta)$ et $\mathrm{Q}(\zeta)$ étant holomorphes et différents de zéro pour $\zeta = 0$. Si $m < n + 1$, la transformation $x = x_0 + \alpha^{n+1}\mathrm{X}$, $y = y_0 + \alpha^{n+1-m}\mathrm{Y}$, $\zeta = \alpha\mathrm{Z}$, montre que, pour $\alpha = 0$, le système a des points critiques mobiles. On doit donc avoir $n \leqq m - 1$; posons : $\zeta^m y' = \mathrm{H}(x, y) + \zeta$, $\zeta^{m-1}\zeta' = \mathrm{K}(x, y) + \zeta(\ldots)$; la transformation $x = x_0 + \alpha^m \mathrm{X}$, $\zeta = \alpha\mathrm{Z}$

montre que le système intégrable $\zeta^m y' = \mathrm{H}(x_0, y)$, $\zeta^{m-1}\zeta' = \mathrm{K}(x_0, y)$ doit avoir ses points critiques fixes, etc.

» Appliquée en particulier à l'équation (1), la méthode montre d'abord que R (comme il est bien connu) doit être un polynome du second degré en y', soit $\mathrm{R} \equiv \mathrm{A}(x, y)y'^2 + \mathrm{B}(x, y)y' + \mathrm{C}(x, y)$; ensuite, que l'équation $y'' = \mathrm{A}(x_0, y)y'^2$ doit avoir ses points critiques fixes, d'où toutes les formes possibles de $\mathrm{A}(x, y)$. En appliquant enfin la méthode aux pôles $\gamma = g(x)$ de R, on arrive aux types que j'ai énumérés explicitement (*Comptes rendus*, 1899).

» II. *Recherche des conditions suffisantes.* — Quand les conditions précédentes sont remplies, le système ne peut admettre de points critiques *algébriques* mobiles; mais il peut exister des singularités *transcendantes* mobiles.

» Pour démontrer que de telles singularités n'existent pas, voici la méthode qu'on emploie : On établit que, si $\overline{a}$ est une singularité d'une solution $x(y)$, $z(x)$ de (S), il existe *des* valeurs de x, aussi voisines de a qu'on veut, et pour lesquelles $y(x)$, $z(x)$ prennent des valeurs voisines de certaines valeurs remarquables b, c (finies ou non); ces valeurs a, b, c sont telles que, dans leur voisinage, on connaît la forme des intégrales premières de (S), et cette forme montre que les fonctions $y(x)$, $z(x)$ sont *méromorphes* dans le domaine de $x = a$. Les seules singularités mobiles des fonctions $y(x)$, $z(x)$ sont donc des pôles.

» Pour mettre, au contraire, en évidence l'existence de singularités transcendantes mobiles, le procédé consiste encore à introduire dans S un paramètre α tel que, pour α quelconque, le nouveau système ait ses singularités fixes en même temps que (S). Si, pour $\alpha = 0$, le système est intégrable, et si l'intégration met en évidence des singularités transcendantes mobiles, de telles singularités existent *a fortiori* pour (S).

» Observons que la méthode (I) s'applique sans difficulté à un système différentiel d'ordre quelconque; au contraire, les complications de la méthode (II) s'accroissent avec l'ordre du système.

» Quand il existe des singularités transcendantes mobiles, il faut (pour que ces singularités ne donnent pas lieu à des *branchements*) qu'aux conditions (I) s'ajoutent des conditions nouvelles qui sont *transcendantes*. On ne peut donc espérer alors reconnaître, à l'aide d'un nombre *fini* d'opérations, si un tel système (S) a effectivement ses points critiques fixes; mais on peut démontrer qu'une classe de systèmes (S) donnés renferme des systèmes à points critiques fixes. C'est ce qui se passe, par exemple, pour

les équations du troisième ordre qui définissent les fonctions fuchsiennes.

» Appliquée aux équations (1), la méthode complète montre (comme je l'ai indiqué antérieurement) que les conditions (I) sont algébriques et *suffisent* pour que l'intégrale générale n'ait d'autres singularités mobiles que des pôles ; exception étant faite pour un type unique qui s'intègre par quadratures ; ce type admet des points essentiels mobiles.

» La méthode s'étend aussi bien aux équations $P(y'', y', y, x) = 0$, où P est un polynome en y'', y', y, analytique en x et du *second degré* en y''. Sans avoir déterminé encore explicitement toutes les équations $P = 0$, à points critiques fixes, j'ai poussé la question assez loin pour reconnaître qu'elles engendrent des transcendantes uniformes irréductibles aux transcendantes classiques et à celles qu'engendrent les équations (1).

» Il n'y aurait aucune difficulté à supposer P du troisième degré en y'', etc. Mais un nouvel effort sera nécessaire pour déterminer toutes les équations $P = 0$ à points critiques fixes, *sans se donner le degré du polynome* P *en* y''. Il est vraisemblable (*voir* mes Leçons de Stockholm) que les propositions que j'ai démontrées pour les équations (1) subsistent pour une équation $P = 0$ quelconque, à savoir : « Toute équation $P = 0$ à points critiques fixes, si elle est irréductible aux équations linéaires et aux quadratures, n'admet, comme singularités mobiles, que des *pôles* et se laisse ramener *birationnellement* [1] à un système :

$$\frac{dY}{dx} = R(X, Y, Z), \qquad \frac{dZ}{dx} = S(X, Y, Z),$$

» où R, S sont *rationnels* en Y, Z ou en Y, Z, $\sqrt{Y(Y-1)[Y-g(x)]}$ ».

» Je ferai connaître prochainement les résultats que j'ai obtenus pour les équations du *troisième ordre*. »

TÉLÉGRAPHIE. — *Sur la télégraphie multiplex : relai télémicrophonique différentiel.* Note de M. E. **Mercadier**, présentée par M. Cornu.

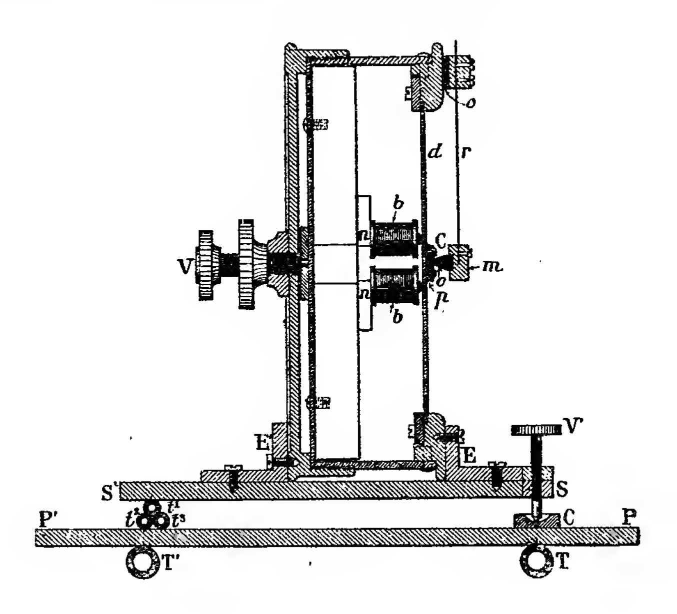
« J'ai déjà eu l'honneur de présenter à l'Académie les transmetteurs et récepteurs de mon système de télégraphie multiplex qui permet dans son état actuel de transmettre et de recevoir *simultanément* dans un même circuit vingt-quatre télégrammes.

---

(1) J'entends par là que y, y', y'' s'expriment rationnellement en Y, Z $\{$éventuellement en $\sqrt{Y(Y-1)[Y-g(x)]}\}$ et réciproquement ; x figure analytiquement.

» J'ai ajouté depuis, aux électro-diapasons transmetteurs et aux monotéléphones récepteurs, un organe chargé de recueillir au départ et à l'arrivée tous les signaux formés par des courants ondulatoires sinusoïdaux de périodes variant de $\frac{1}{480}$ à $\frac{1}{900}$ de seconde, par 12° égaux à un demi-ton, depuis le si_3 jusqu'au $la\sharp_4$.

» Cet organe (figuré ci-contre en coupe), appelé *relai télémicrophonique différentiel*, se compose : 1° d'un téléphone dont le diaphragme *d* a 10^{cm} de diamètre; sur le noyau *n* de l'électro-aimant sont enroulés deux fils



identiques : 2° d'un microphone composé d'une petite plaque de charbon *p* vissée au diaphragme, d'un contact C de charbon fixé à une masse métallique *m* supportée par un ressort *r* plat et mince fixé à la monture du téléphone dont il est isolé par une plaque d'ébonite *o* et dont la longueur peut varier : une vis V permet de rapprocher l'électro-aimant du diaphragme.

» L'appareil repose sur deux planchettes et sur une table par l'intermédiaire de tubes épais en caoutchouc T, T' d'une part, t^1, t^2, t^3 de l'autre, de façon à le soustraire aux effets des trépidations extérieures : une vis V, permet de régler la pression du contact microphonique C*c*.

» L'un des fils de l'électro-aimant *n* est relié au circuit de ligne ; l'autre à une ligne artificielle afin d'éteindre les effets des transmissions sur les récepteurs du poste de départ, d'après un mode connu sous le nom de *différentiel* dans la télégraphie duplex par courants *continus ;* cette extinction

est obtenue aussi complètement dans mon système multiplex pour les courants *ondulatoires* à l'aide de dispositions spéciales très simples.

» La masse *m* et le contact C ainsi que le ressort *r* d'une part, la plaque *p* et la membrane *d* de l'autre, sont insérés dans le circuit d'une pile et du fil primaire d'une bobine d'induction, dont le fil secondaire est relié aux douze appareils récepteurs accordés à l'unisson des douze transmetteurs.

» Supposons *s* signaux formés par des courants ondulatoires de périodes différentes transmis simultanément sur la ligne, où ils se superposent sans se confondre en vertu de la *loi générale des petits mouvements :* ces courants traversent à l'arrivée, sans se confondre, le fil de ligne de l'électro-aimant *n* du relai : la membrane *d* vibre sous l'action simultanée de tous ces courants, et communique sans les altérer les *s* mouvements vibratoires qui en résultent au contact microphonique C*c*; ce contact les transmet au fil primaire de la bobine d'induction, et celui-ci aux *s* monotéléphones récepteurs correspondants, dont chacun vibre sous l'action seule des courants de même période que la sienne propre, et non sous l'action des autres : les *s* signaux simultanément émis au départ se trouvent ainsi *triés* et *individualisés* pour ainsi dire à l'arrivée, après avoir subi auparavant six transformations d'énergie qui n'en ont pas altéré la période.

» On peut remarquer qu'il y a dans ce système une vérification objective aussi complète que possible de la loi mécanique des petits mouvements.

» L'emploi de ce relai télémicrophonique a permis de développer l'usage de la télégraphie multiplex : les essais pratiques qui ont été déjà faits sur des circuits de 600^{km} à 800^{km} de longueur, entre Paris et Toulouse, Paris et Bordeaux, Paris et Pau, ont permis de constater :

» 1° Qu'un grand nombre d'employés peuvent transmettre des télégrammes simultanément dans n'importe quel sens entre deux postes extrêmes : on a pu ainsi utiliser jusqu'à dix employés, et l'on pourrait aller jusqu'à vingt-quatre;

» 2° Que l'on peut intercaler, soit en série, soit en dérivation, entre deux postes extrêmes, des postes intermédiaires travaillant *simultanément* entre eux et avec les premiers, sans qu'il en résulte la moindre gêne : c'est ainsi qu'on a pu intercaler dans le circuit Paris-Bordeaux les postes de Tours, Poitiers et Angoulême, et le poste de Bordeaux entre Paris et Pau;

» 3° Que le système peut être employé sur tous les circuits où le téléphone peut fonctionner, et que, outre l'avantage considérable de pouvoir répartir les transmissions dans des postes échelonnés le long d'un circuit,

il possède un rendement susceptible d'être supérieur à celui de tous les systèmes de télégraphie connus. »

PHYSIQUE. — *Relations entre la conductibilité électrolytique et le frottement interne dans les solutions salines* (1). Note de M. P. **Massoulier**, présentée par M. J. Violle.

« Depuis que M. G. Wiedemann (2) a indiqué une relation entre la résistance électrique et le frottement interne des solutions salines, un grand nombre de savants, tels que Grottrian (3), Grossmann (4), Bender (5), Stéphan (6), ont accumulé les mesures à ce sujet. MM Bouty, Foussereau et Poincaré (7) ont recherché des relations analogues dans le cas des électrolytes fondus. De tous ces travaux il résulte que la résistance électrique et le frottement interne d'un électrolyte varient dans le même sens et que ces variations sont du même ordre de grandeur, mais la loi de proportionnalité est loin d'être vérifiée et les diverses autres lois qui ont été proposées ne se vérifient pas davantage.

» A vrai dire, si on laisse de côté le cas de l'acide sulfurique, qui ne doit être abordé qu'avec la plus grande circonspection à cause de la formation d'hydrates, on n'a expérimenté jusqu'ici que sur des variations assez faibles obtenues, soit en faisant varier la concentration, soit en faisant varier la température, soit en dissolvant les sels métalliques dans des mélanges d'eau et d'alcool éthylique.

» J'ai pensé que le phénomène serait plus facile à débrouiller si l'on pouvait obtenir des variations plus considérables, et j'ai étudié des solutions de sulfate de cuivre dans des mélanges d'eau et de glycérine. Les mesures électriques ont été faites d'abord par la méthode électrométrique,

---

(1) Travail fait au Laboratoire de Physique de l'École normale.

(2) Wiedemann, *Annales de Poggendorf*, t. XCIX, p. 205; 1856.

(3) Grottrian, *Annales de Poggendorf*, t. CLVII, p. 130, 146, 257; 1876. *Annales de Wiedemann*, t. VIII, p. 529, 554; 1879.

(4) Grossmann, *Annales de Wiedemann*, t. XVI, p. 1882; t. XVIII et XIX, 1883;

(5) Bender, *Annales de Wiedemann*, t. XXII, 1884; t. XXXI, 1887;

(6) Stéphan, *Annales de Wiedemann*, t. XVII ,1882;

(7) Foussereau, *Annales de Chimie et de Physique*, 6e série, t. V. — Poincaré et Bouty, *Annales de Chimie et de Physique*, 6e série, t. XVII. — Poincaré, *Annales de Chimie et de Physique*, 6e série, t. XXI, p. 289.

en utilisant un électromètre Lippmann et des boîtes de résistances disposées comme l'indique M. Bouty, puis au moyen des courants alternatifs par le procédé employé au laboratoire de physico-chimie de M. Ostwald. Les mesures relatives au frottement interne ont été faites au moyen de tubes fins, par la méthode de Poiseuille; la pression produisant l'écoulement était équilibrée par une colonne d'eau dont la hauteur a varié de 75^{cm} à 80^{cm} et les résultats ont été ramenés par le calcul à la pression représentée par 1^{m} d'eau.

» Je citerai comme exemples deux séries d'expériences faites : l'une à 0°, l'autre à des températures très voisines de 15°.

» Dans les solutions étudiées à 0° la molécule de sulfate de cuivre, soit $158^{gr},89$, occupait 40^{lit}. On a remplacé successivement, dans la solution, $\frac{1}{8}$ puis $\frac{2}{8}$ d'eau par des volumes égaux de glycérine. Les variations de la résistance électrique et du frottement interne sont représentées par le Tableau suivant :

	Résistance.	Frottement interne.
Solution sans glycérine	100	100
Solution avec $\frac{1}{8}$ de glycérine	140	153
Solution avec $\frac{2}{8}$ de glycérine	205	243

» Dans les expériences faites au voisinage de 15°, la molécule de sulfate de cuivre occupait 15^{lit}. Les résultats sont indiqués ci-dessous :

	Résistance.	Frottement interne.
Solution sans glycérine	100	100
Solution avec $\frac{1}{48}$ de glycérine	104	105
« $\frac{1}{24}$ »	111	114
» $\frac{1}{12}$ »	126	132
» $\frac{1}{6}$ »	161	160
» $\frac{1}{3}$ »	289	298

» Ainsi la loi de proportionnalité, qui se vérifie à peu près à 15°, se vérifie beaucoup moins bien à 0°. Ces écarts n'ont rien de surprenant si l'on remarque que la conductibilité électrolytique dépend non seulement du frottement interne, mais aussi et peut-être surtout de l'état d'ionisation du sel métallique qui varie avec la concentration, la température et la nature du dissolvant.

» Fort probablement, la question ne pourra être résolue que par une étude simultanée de la conductibilité, du frottement interne et de l'ionisation, et il est digne de remarque que la proportionnalité entre la résistance électrique et le frottement interne se vérifie surtout bien dans le cas de solutions aqueuses étendues de chlorures, bromures et iodures de potas-

sium et de sodium, solutions pour lesquelles l'ionisation est à peu près invariable, puisqu'elle est presque complète.

» Les mélanges d'eau et de glycérine, permettant d'obtenir des variations considérables des quantités à mesurer, pourront être utilisées avec avantage; mais, dans l'état actuel de nos connaissances, le principal effort doit porter sur les mesures d'ionisation, qui sont encore bien difficiles à effectuer et même bien incertaines quand on a affaire à un mélange de dissolvants. »

PHYSIQUE. — *Sur un thermomètre en quartz, pour hautes températures.* Note de M. **A. Dufour**, présentée par M. J. Violle (1).

« Depuis les travaux de l'habile physicien anglais M. Boys, on sait tirer le quartz en fils. Il en résulte que le quartz devient pâteux avant de fondre, et j'ai pensé qu'on pourrait le travailler comme le verre ordinaire. Il fond, en effet, à la pointe du chalumeau oxhydrique et se ramollit dans la flamme. Je suis arrivé à faire des tubes en quartz et à rendre cette fabrication possible en conservant au corps toute sa pureté.

» Les applications du quartz ainsi travaillé peuvent se partager en deux groupes : celles où l'on utilise la propriété qu'il a d'être transparent et de ne fondre qu'à très haute température, et celles qui nécessitent une enveloppe transparente de composition définie et peu hygrométrique.

» Le thermomètre en quartz est un exemple des premiers. Il est constitué par un réservoir de quartz fondu et une tige de même matière (j'espère arriver à faire des tiges suffisamment cylindriques). Il faut prendre comme liquide un corps que l'on puisse avoir facilement pur, qui fonde à température relativement basse, qui ne donne pas de vapeurs sensibles au moins jusqu'au rouge, enfin qui se contracte en se solidifiant. L'étain répond parfaitement à ces conditions. J'ai construit un thermomètre en quartz à étain allant de 240° à 580°. Comme le quartz ne se ramollit pas avant 1000° à 1200°, il est possible de faire un thermomètre allant jusqu'à 900° au moins. Pour graduer ce thermomètre j'ai utilisé les points fixes suivants : ébullition du mercure et du soufre. Le niveau de l'étain dans la tige est bien fixe dans ces deux cas. Pour aller plus haut on pourrait prendre les points d'ébullition du cadmium et du zinc.

» Je remplis le thermomètre par aspiration de l'étain fondu; j'y fais le vide aussi complètement que possible et je le ferme au chalumeau. On enlève les dernières bulles d'air en fondant l'étain et en donnant au thermomètre des chocs répétés. Si par hasard l'étain entraîne une trace d'oxyde, celle-ci se colle au réservoir et y reste; le ménisque

(1) Travail fait au laboratoire de Physique de l'École Normale supérieure.

dans la tige est toujours très brillant, l'apparence est la même que celle d'un thermomètre à mercure. Il est nécessaire que le réservoir soit assez épais; sinon, quand l'étain se solidifie, il tire sur le réservoir et provoque la rupture de celui-ci.

» J'ai construit un thermomètre en quartz à mercure, mais ceci se rapporte au second groupe d'applications. On sait que les thermomètres en verre à mercure ont le défaut de présenter le phénomène du retrait du zéro qui est peut-être dû à la constitution chimique du verre. Il serait possible qu'un thermomètre en quartz ne présentât pas ce retrait.

» Quand on met une tige de verre dans la flamme du chalumeau oxhydrique, elle fond, puis semble bouillonner; ce bouillonnement s'arrête ensuite. Il y a là dégagement de gaz dû soit à une réaction qui devient complète à cette haute température, soit à la sortie des gaz dissous pendant la fusion; le quartz fond tranquillement sans dégagement gazeux.

» Dans l'étude des tubes à spectroscopie, on rencontre un obstacle sérieux qui semble dû aux gaz qui se dégagent du verre. J'espère que le quartz ne présentera pas le même inconvénient. Si l'on remarque que le quartz est un corps de composition définie, inoxydable, difficilement réductible, peu hygrométrique et diélectrique, on voit qu'il y a lieu de l'essayer pour les tubes à spectroscopie. J'essaye en ce moment de faire un tube à hydrogène avec l'espoir qu'il donnera un spectre parfait, et, si ces expériences réussissent, j'utiliserai ces tubes de quartz pour étudier le problème suivant : quelle est la matière qui transporte l'électricité dans les tubes à vide? »

PHYSIQUE. — *Fluorescence de certains composés métalliques soumis aux rayons Röntgen et Becquerel* (1). Note de M. **Paul Bary**, présentée par M. H. Becquerel.

« En étudiant les différents sels qui devenaient lumineux sous l'influence des rayons X et des rayons Becquerel, j'ai constaté que ceux qui jouissaient de cette propriété appartenaient aux métaux alcalins et alcalinoterreux suivants : lithium, sodium, potassium, rubidium, césium, magnésium, calcium, strontium et baryum.

» L'examen aux rayons X des différents sels de ces métaux permet de de les classer de la manière suivante :

---

(1) Travail fait à l'École municipale de Physique et de Chimie industrielles.

	Fluorescents.	Non fluorescents.
Lithium	Chlorure.	Sulfate, phosphate.
Sodium	Chlorure, sulfate, dithionate.	Carbonate, sulfure.
Potassium	Bromure, chlorure, iodure, carbonate, sulfate.	Hydrate d'oxyde, azotate, bisulfate, dithionate, sulfocyanure, ferricyanure.
Rubidium	Sulfate.	Bitartrate.
Césium	Chlorure.	»
Magnésium	Chlorure, bromure.	Oxyde, carbonate, sulfate, pyrophosphate, phosphate dimétallique, platinocyanure.
Calcium	Chlorure, fluorure, sulfure.	Sulfate.
Strontium	Oxyde, chlorure.	Nitrate, carbonate, phosphate.
Baryum	Chlorure, iodure, sulfure, sulfate, dithionate, formiate, platinocyanure.	Carbonate, nitrate, chlorate, sulfite, chromate, oxalate, ferrocyanure.

» La classification ainsi faite entre les sels fluorescents et ceux non fluorescents est un peu arbitraire, puisque pour certains corps la fluorescence est tellement faible qu'il faut une attention prolongée pour, dans l'obscurité, la distinguer.

» De tous les composés des autres métaux que j'ai examinés dans les mêmes conditions, aucun n'a donné de phénomène de fluorescence, exception faite pour les sels d'uranium phosphorescents à la lumière.

» J'ai constaté également, en substituant au tube de Crookes, qui servait dans ces expériences, un godet métallique contenant une substance radioactive que M. et Mme Curie ont mise obligeamment à ma disposition, que tous les corps qui ont montré la fluorescence aux rayons X ont aussi donné le même phénomène avec les rayons Becquerel.

» On peut conclure des résultats obtenus sur les nouvelles radiations, comparés à ceux signalés par M. Edmond Becquerel (¹) sur la lumière, que les mêmes familles de corps qui donnent des sels phosphorescents à la lumière donnent aussi les composés que rendent lumineux les rayons X et les rayons Becquerel; à ce point de vue, au moins, ces rayons se com-

(¹) Ed. Becquerel, *La Lumière*, t. I, p. 211 et suivantes.

portent donc comme des radiations lumineuses de courte longueur d'onde.

» En ce qui concerne la luminescence permanente propre aux sels de baryum radifères préparés par M. et Mme Curie, il est évident qu'elle provient, du moins en partie, de l'action des rayons Becquerel sur le sel de baryum. Mais étant donné que les propriétés chimiques du radium et du baryum sont très voisines, il paraît probable que les sels de radium purs seront fluorescents comme le sont les sels des autres métaux de cette famille. »

CHIMIE. — *Sur les peroxydes de baryum hydratés.* Note de M. **de Forcrand.**

« On a signalé plusieurs hydrates de peroxydes de baryum, notamment BaO^2H^2O, $BaO^2,10H^2O$, BaO^3H^2O ou $BaO^2H^2O^2$.

» M. Berthelot a donné pour la chaleur de formation de ce dernier $+15^{Cal},92$ à partir de BaO dissoute et d'un excès d'eau oxygénée étendue. Quant à l'hydrate $BaO^2,10H^2O$, on peut l'obtenir de deux manières :

» 1° En lavant avec beaucoup d'eau la combinaison BaO^3H^2O. Dans ce cas, sa formule est $BaO^{2,08}+10,2H^2O$, d'après les analyses publiées par M. Berthelot. Il est probable qu'il contient encore un peu du trioxyde qui a servi à le préparer.

» 2° En versant l'eau oxygénée étendue dans un excès d'eau de baryte. Les analyses donnent alors : $BaO^{1,91}+10H^2O$, indiquant la présence d'un peu de protoxyde.

» Opérant sans doute avec ce dernier produit, M. Berthelot a trouvé pour sa chaleur de dissolution dans H^2Cl^2 étendu $+3^{Cal},82$, d'où il conclut pour sa chaleur de formation $+23^{Cal},88$ (soit $+27^{Cal},70-3,82$) [1].

» J'ai repris l'étude de ces composés en ajoutant de l'eau oxygénée étendue à la baryte dissoute, mais en faisant varier les proportions.

» I. *Action de* $\frac{1}{2}H^2O^2$ (4^{lit}) *sur* BaO (12^{lit}). — On obtient immédiatement l'état final suivant dans le calorimètre

$$0,55\,BaO^{1,90}\text{ précipité}+0,45\,BaO^{1,91}\text{ dissous},$$

résultat connu d'après l'analyse du liquide que l'on filtre aussitôt après la formation du précipité [2].

» Le dégagement de chaleur observé est $+12^{Cal},863$.

(1) Voir le Mémoire de M. Berthelot : *Annales de Chimie et de Physique*, 5e série, t. XXI, p. 157; 1880.

(2) Comme contrôle, dans une expérience spéciale, en dehors du calorimètre, j'ai

» Il faut faire subir à cette donnée plusieurs corrections, soit à cause de la destruction de quelques traces d'eau oxygénée pendant l'expérience, soit pour tenir compte de son action sur la portion de BaO restée dissoute, soit pour tenir compte de la précipitation d'une partie de la baryte à l'état de protoxyde hydraté. Tout calcul fait, on trouve $+ 27^{Cal},465$ pour 1 molécule du précipité de BaO^2 hydraté pur et exempt de protoxyde.

» J'ai ajouté immédiatement H^2Cl^2 (4^{lit}), ce qui a dégagé $+ 15^{cal},08$ (1). La liqueur finale est limpide et neutre. On corrige encore ce nombre de l'action de l'acide sur la partie dissoute et sur la baryte précipitée à l'état de protoxyde, et l'on trouve finalement $+ 0^{Cal},725$ pour la réaction de H^2Cl^2 dissous sur 1 molécule de BaO^2 précipité.

» Ces deux nombres $+ 27,46$ et $+ 0,72$ sont bien différents de ceux donnés par M. Berthelot $+ 23,88$ et $+ 3,82$. Cet écart me paraît dû à ce fait que, dans les conditions de ces expériences, on n'a jamais $BaO^2 + 10H^2O$, mais un mélange contenant un peu de $BaO + 10H^2O$; or ce dernier a pour chaleur de formation $- 14^{Cal},1$ et pour chaleur de dissolution dans H^2Cl^2 $+ 41,8$, de sorte qu'il suffit qu'il y en ait des traces même très faibles pour fausser les résultats.

» II. *Action de* H^2O^2 (3^{lit}) *sur* BaO (12^{lit}). — Système final :

$$0,935\,BaO^{1,94} \text{ précipité} + 0,065\,BaO^{2,7} \text{ dissous.}$$

» Chaleur dégagée : $+ 23^{Cal},334$.

» En faisant les mêmes corrections que précédemment, on trouve $+26^{Cal},887$ pour BaO^2 hydraté précipité.

» L'action de H^2Cl^2 dissous donne ensuite $+4^{Cal},250$; soit, toutes corrections faites, $+0,470$ pour la réaction de cet acide sur BaO hydraté précipité.

» Les nombres $+ 27,46$ et $+ 26,88$ d'une part; $+ 0,72$ et $+ 0,47$ de l'autre, sont assez concordants pour des expériences de cette nature.

» III. *Action de* $2H^2O^2$ (6^{lit}) *sur* BaO (12^{lit}). — Système final :

$$0,845\,BaO^{1,93} \text{ précipité} + 0,155\,BaO^{8,4} \text{ dissous.}$$

» Chaleur dégagée : $+ 22^{Cal},073$.

» Ce qui correspond à $+ 26^{Cal},969$ pour BaO^2 hydraté précipité. H^2Cl^2 dissous donne ensuite $+ 5^{Cal},819$; soit, toutes corrections faites, $+ 0,332$ pour son action sur 1 molécule du BaO^2 hydraté précipité.

» De ces trois séries d'expériences, je prendrai la moyenne $+ 27^{Cal},11$ pour la chaleur de formation du précipité de bioxyde pur hydraté, et la moyenne $+ 0^{Cal},50$ pour la réaction de H^2Cl^2 sur ce précipité (la somme donne $+ 27,61$, nombre très voisin de $+ 27,70$).

» Ces essais montrent en outre que, dans aucun cas, le précipité n'a pour compo-

---

recueilli et analysé le précipité. Sa composition était $BaO^{1,93} + 9,5\,H^2O$ après dessiccation sous cloche sur des plaques poreuses.

(1) La somme $+ 12,863 + 15,08 = + 27,94$, nombre très voisin de la chaleur de neutralisation connue $+ 27,70$.

sition $BaO^2 + nH^2O$, même si la baryte est en excès, comme on l'indique généralement. Les meilleures proportions paraissent être exactement H^2O^2 pour BaO (composition du précipité $BaO^{1,94} + nH^2O$).

» IV. *Action de* $3H^2O^2$ (9^{lit}) *sur* BaO (12^{lit}). — Système final :

$$0,77\,BaO^{2,17} \text{ précipité} + 0,23\,BaO^{10} \text{ dissous.}$$

» Chaleur : $+ 20^{Cal},487$.

» Ce nombre correspond à $+ 22^{Cal},99$ pour 1 molécule de $BaO^{2,17}$.

» Si l'on admet (mais ce n'est pas certain) que cette molécule ne contient que BaO^2 et BaO^3, sa formule serait

$$0,825\,BaO^2 + 0,175\,BaO^3,$$

» Or la formation de BaO^2 dégage $+ 27,11$. La différence $- 4,12$ correspondrait donc à la transformation de $0,175\,BaO^2$ en $0,175\,BaO^3$, soit pour une molécule entière $- 23^{Cal},543$.

» La réaction totale, à partir du nH^2O^2 et de BaO, pour former une molécule de BaO^3, donnerait $+ 3^{Cal},567$.

» Mais, outre que ce raisonnement ne repose que sur une hypothèse probable, la fraction 0,175 est bien faible pour conclure avec sécurité.

» Quoi qu'il en soit, H^2Cl^2 ajouté immédiatement donne $+ 7^{Cal},247$, ce qui conduirait à $+ 24^{Cal},514$ pour une molécule de BaO^3 hydraté précipité ($+ 24,514 + 3,567$ donnent un total bien peu différent de $+ 27,70$).

» Ce nombre $+ 3,567$ s'écarte beaucoup de celui ($+ 15,92$), que donne M. Berthelot pour la combinaison BaO^3, H^2O ou BaO^2, H^2O^2 isolée par Schœne. Mais ici, il est certain que les deux produits sont différents, car, dans un essai spécial, j'ai recueilli et analysé le précipité que j'obtiens. J'ai trouvé $BaO^{2,17} + 9,54\,H^2O$. Le trioxyde n'est donc pas à l'état de monohydrate, comme il arrive dans les conditions toutes spéciales décrites par Schœne. Il paraît avoir le même état d'hydratation que le bioxyde. Toujours est-il que, lorsqu'on dépasse la dose de $2H^2O^2$ pour BaO, le précipité contient une petite quantité d'un peroxyde (ou d'une combinaison de bioxyde et d'eau oxygénée) qui est beaucoup moins stable que le bioxyde ($+ 3,567$ au lieu de $+ 27,11$).

» V. *Action de* $10H^2O^2$ (30^{lit}) *sur* BaO (12^{lit}). — Ici les mesures calorimétriques ne sont même plus possibles, car la température s'élève, rapidement d'abord, puis plus lentement ensuite, mais encore de plusieurs centièmes de degré par minute pendant dix à douze minutes et probablement davantage. Dans une expérience, j'ai recueilli le précipité à la huitième minute; après l'avoir desséché comme les précédents, je l'ai analysé; sa composition était : $BaO^{3,43} + 7,72\,H^2O$.

» Lorsqu'on exagère l'excès d'eau oxygénée, on obtient donc des composés plus oxydés encore que le trioxyde, mais de plus en plus instables. Ils sont d'ailleurs toujours très hydratés, le nombre des molécules d'eau ayant à peine diminué même dans ce dernier cas. »

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur la séparation des terres rares.* Note de M. R. Chavastelon.

« Dans un récent et important Mémoire sur la séparation des terres rares, M. Urbain [1] a montré avec quelle facilité on peut aujourd'hui, par différentes méthodes dont quelques-unes lui sont personnelles, retirer le thorium et le cérium d'un mélange contenant en outre du lanthane et du didyme (néodyme et praséodyme).

» Pour cela, dans le mélange de sels de thorium, de cérium, de lanthane et de didyme, on élimine le thorium d'abord, le cérium ensuite. Le lanthane et le didyme font l'objet d'un traitement ultérieur. C'est ainsi, par exemple, qu'a procédé M. Urbain par application de la méthode élégante de MM. Verneuil et Wyrouboff.

» J'ai reconnu qu'on peut obtenir des résultats satisfaisants par une méthode inverse : maintenir en solution le thorium seul, ou le thorium et le cérium, en produisant avec les autres métaux rares des combinaisons insolubles dans les conditions de l'expérience. De là deux procédés : 1° précipitation simultanée du cérium, du lanthane et du didyme; 2° précipitation simultanée du lanthane et du didyme seulement.

» *Premier procédé.* — Si dans un excès d'une solution saturée, chaude ou froide, de sulfite neutre de sodium on verse, en agitant, la solution saline, neutre, des différents métaux rares, le cérium, le lanthane et le didyme sont précipités à l'état de sulfites insolubles dans un excès de sulfite alcalin. La presque totalité du thorium est en dissolution. L'oxyde de thorium qu'on en retire ne renferme qu'une très faible proportion des autres métaux rares; sa précipitation par l'eau oxygénée est dès lors très facile.

» Le mélange des sulfites insolubles recueillis par filtration est transformé en un mélange de chlorures dissous par l'addition d'acide chlorhydrique.

» Dans la solution des chlorures, l'eau oxygénée précipite le thorium entraîné et, dans la liqueur filtrée à nouveau, l'ammoniaque précipite les autres oxydes.

» Ces oxydes lavés sont mis en contact avec un excès de bicarbonate alcalin et brassés, au sein de la liqueur, par un courant d'acide carbonique.

» Le peroxyde de cérium seul se dissout et colore la liqueur en brun. Si le résidu insoluble est encore coloré, on décante la liqueur brune et l'on ajoute une nouvelle quantité de bicarbonate dissous. On répète l'opération jusqu'à ce que le précipité restant soit parfaitement blanc ou blanc rosé.

---

(1) *Annales de Chimie et de Physique*, 7e série; février 1900.

» Il se peut aussi, si la peroxydation de l'oxyde de cérium a été incomplète, que du carbonate céreux reste mélangé à ceux de lanthane et de didyme. On le vérifie par addition au précipité de quelques gouttes d'eau oxygénée; l'apparition d'une teinte brune, même légère, révèle sa présence. Dans ce cas, on ajoute encore un peu d'eau oxygénée, on élimine l'excès par filtration, on lave le précipité à l'eau distillée, et on le reprend par du bicarbonate alcalin dissous.

» Finalement, le mélange des carbonates doubles de lanthane et de sodium, de didyme et de sodium, cristallisés et purs de cérium, est isolé par filtration.

» Une trace de cérium dans un sel de lanthane ou de didyme peut être ainsi mise en évidence et séparée des autres métaux.

» Tout le cérium que renferme la liqueur brune est précipité en jaune clair par la potasse ou la soude, en orangé brun par l'eau oxygénée.

» Le précipité floconneux brun, séparé par l'eau oxygénée en excès, est, peu après sa formation, lavé à l'eau distillée jusqu'à cessation de précipité de la liqueur filtrée, par le chlorure de baryum (carbonate alcalin) et par l'azotate d'argent (chlorure que renferme l'eau oxygénée). Il est soluble dans les acides avec dégagement abondant d'acide carbonique et fournit des liqueurs, jaunes à froid, incolores à chaud. Avec l'acide chlorhydrique on observe en outre un dégagement de chlore. Le composé est donc un carbonate cérique et n'a pas, à ma connaissance, été signalé jusqu'à ce jour. Son étude fera l'objet d'une prochaine Communication.

» *Second procédé.* — Si au mélange des oxydes obtenus par l'addition, à la solution saline des métaux rares, d'ammoniaque et d'eau oxygénée, on applique le traitement aux bicarbonates alcalins, l'oxyde de thorium et l'oxyde cérique se dissolvent seuls.

» On les reprécipite ensemble, par la potasse ou la soude; l'action ultérieure de l'acide sulfureux les transforme en un mélange d'oxydes au minimum, de sulfites ou de bisulfites que l'on dissout dans l'acide chlorhydrique. Dans la solution chlorhydrique, on sépare le thorium par l'eau oxygénée.

» On peut aussi, dans la liqueur brune du précédent traitement, ne contenant plus que le thorium et le cérium, dissoudre du carbonate de soude en quantité telle que la solution de sulfite formée par l'action ultérieure de l'acide sulfureux soit assez concentrée pour dissoudre tout le thorium. Il faut seulement, tandis qu'agit l'acide sulfureux, agiter constamment et éviter la formation de bisulfite, car le sulfite de cérium est soluble à froid dans le bisulfite alcalin; celui du thorium, au contraire, commence déjà à se précipiter à froid. »

PHYSICO-CHIMIE. — *Réactions chimiques produites dans une solution; tension de vapeur du dissolvant* (¹). Note de M. **A. Ponsot**, présentée par M. Lippmann.

« Je considère un mélange homogène, liquide ou gazeux de plusieurs corps : les uns, 1, 2, ..., entre lesquels une réaction chimique se produit,

(¹) Travail fait au laboratoire des Recherches physiques de la Sorbonne.

un autre qui ne prend part à aucune réaction : ce dernier est le dissolvant. La pression exercée sur ce mélange sera maintenue invariable dans toutes ses transformations. J'adjoins à ce mélange un système annexe composé d'une quantité infinie de dissolvant à l'état de vapeur et en équilibre osmotique avec le mélange. Le tout sera maintenu à une température invariable.

» I. Je fais décrire le cycle suivant :

» 1° Une réaction chimique s'accomplit, et en même temps je change (s'il y a lieu) la pression du dissolvant extérieur pour maintenir l'équilibre osmotique; 2° j'ajoute réversiblement le dissolvant, jusqu'à une dilution infinie, la réaction chimique étant arrêtée; 3° par voie réversible et osmotique, je reforme les composants primitifs du mélange; 4° je ramène à l'état initial, en enlevant le dissolvant ajouté dans l'opération 2°.

» La somme des travaux des forces extérieures dans ce cycle se réduit à celle des travaux de la force f comprimant la vapeur du dissolvant : elle doit être toujours positive.

» II. Soit une solution S en équilibre chimique et osmotique à une dilution déterminée. Je considère une modification virtuelle dans laquelle disparaissent Δa équivalents des corps 1 et 2. Je fais décrire le cycle précédent par les solutions S' et S. J'agis de même avec une solution S'', provenant de S par une modification virtuelle inverse de la précédente.

» Si $\frac{\partial f}{\partial a}$ n'est pas nulle pour toutes les dilutions de la solution S, le travail dépensé par la force extérieure changera de signe d'un cycle au suivant : ce qui ne doit pas être; d'où $\frac{\partial f}{\partial a} = 0$.

» e étant la masse du dissolvant dans la solution, φ le potentiel thermodynamique de l'unité de masse de ce dissolvant, Φ celui de la solution, on a, quel que soit e, dans la solution S, $\frac{\partial \varphi}{\partial a} = 0$. Or, en général,

$$d\Phi = \frac{\partial \Phi}{\partial e} de + \frac{\partial \Phi}{\partial a} da = \varphi\, de + \mathcal{A}\, da,$$
$$\frac{\partial \varphi}{\partial a} = \frac{\partial \mathcal{A}}{\partial e}.$$

» Pour la solution S, $\frac{\partial \varphi}{\partial a} = 0$, d'où $\frac{\partial \mathcal{A}}{\partial e} = 0$; comme la condition d'équilibre est $\mathcal{A} = 0$, on voit qu'elle est satisfaite pour une variation quelconque de e.

» L'équilibre chimique est donc indépendant de la dilution, par suite, le même que si le dissolvant n'existait pas, et indépendant de la nature du dissolvant.

» Cette proposition a été regardée comme un principe expérimental établi d'après les expériences de M. Berthelot ([1]).

» III. Conséquences :

» 1° Une solution, non en équilibre chimique, subit la même transformation, quelle que soit la dilution;

» 2° Dans chaque transformation élémentaire, afin que le travail non compensé soit positif, la réaction chimique spontanée élève toujours la tension de vapeur du dissolvant.

» Cette tension est donc maximum à l'équilibre : la masse du dissolvant a un potentiel thermodynamique maximum, celui de l'ensemble des corps dissous est minimum.

» IV. Supposons que certains produits de la réaction sortent de la dissolution, formant ainsi un système hétérogène; la réaction peut être divisée en étapes successives et élémentaires comprenant chacune une réaction élémentaire effectuée dans le système homogène, puis une séparation élémentaire de produits de la réaction. Cette séparation ne se produirait pas dans une quantité de dissolvant suffisamment grande; ce qui permet de démontrer que la tension de vapeur augmente encore dans la formation du système hétérogène et, par suite, dans ses transformations.

» V. D'après la proposition du § II, lorsqu'une réaction chimique entre plusieurs corps n'est pas limitée, il en est de même dans tous les dissolvants sans action chimique sur les corps réagissants ou formés. Dans les systèmes homogènes, au début de la réaction, il y a toujours élévation de la tension de vapeur du dissolvant; croît-elle jusqu'à la fin de la réaction? J'espère pouvoir répondre plus tard à cette question.

» VI. Je suppose que le dissolvant prenne part à une réaction chimique : 1° à une solution en équilibre chimique et osmotique j'ajoute réversiblement une certaine quantité de dissolvant; 2° je laisse accomplir la réaction chimique et je modifie la tension de vapeur pour maintenir l'équilibre osmotique; 3° j'enlève une masse de dissolvant égale à celle ajoutée; 4° je laisse revenir à l'état initial.

» Pour que la somme des travaux soit positive, il faut que la tension de vapeur diminue dans la deuxième partie du cycle, alors qu'une certaine

---

([1]) Duhem, *Potentiel thermodynamique*, p. 145.

quantité du dissolvant disparaît dans la réaction, tandis qu'elle croisse dans la quatrième partie quand la réaction produit du dissolvant.

» Si le système est hétérogène, le corps réagissant, considéré comme dissolvant, ne doit exister qu'en solution ou en mélange gazeux.

» VII. En résumé, *lorsque des réactions spontanées et limitées, effectuées à température et à pression constantes entre des corps dissous ou mélangés, modifient un système homogène ou hétérogène :*

» 1° *Elles accroissent, jusqu'à une valeur maximum, la tension de vapeur du dissolvant, lorsqu'il ne prend part à aucune réaction;*

» 2° *Elles accroissent, jusqu'à une valeur maximum, la tension de vapeur d'un des corps réagissants, lorsque ce corps est produit dans la réaction, et inversement.*

» Dans ces propositions, la tension de vapeur peut être remplacée par la tension osmotique ou le potentiel thermodynamique de l'unité de masse.

» Ces propositions peuvent être utiles dans l'étude des phénomènes biologiques, et, grâce à la cryoscopie et à la tonométrie, elles peuvent être appliquées à l'étude des réactions chimiques : les dernières propositions, connues surtout comme faits expérimentaux, l'ont déjà été. »

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur la recherche, le dosage et les variations de la cystine dans les eaux contaminées.* Note de M. **H. Causse**, présentée par M. Arm. Gautier.

« Dans une Note antérieure ([1]), nous avons établi que les eaux des puits contaminés de Lyon contenaient de la cystine unie au fer. Parmi les réactifs qui nous ont permis de constater la présence de cette substance nous avons indiqué le chloromercurate de *p*-diazobenzènesulfonate de sodium, qui donne avec la cystine une coloration jaune orangé; comme l'intensité de la teinte est proportionnelle à la teneur en cystine, il nous a été possible de doser cette substance et de suivre ses variations dans les eaux.

([1]) *Comptes rendus,* février 1900. Dans cette même Note, il s'est glissé une confusion au sujet des nombres se rapportant au rapport $\frac{C}{Az}$. *Au lieu de* volume total des gaz $32^{cc},5$; CO^2 $31^{cc},5$; Az $0^{cc},5$, *il convient de lire* volume total $36^{cc},5$, CO^2 $31^{cc},5$ et Az 5^{cc}, ce qui donne $C = 0,01698$, $Az = 0,00628$, et pour $\frac{C}{Az}$, le rapport $\frac{0,01698}{0,00628}$ soit de $\frac{2,5}{1}$.

» *Préparation du réactif.* — On dissout 50^{gr} de *p*-amidobenzènesulfonate de sodium dans environ 1^{lit} d'eau distillée, on décolore au noir et l'on filtre; d'autre part, on prépare deux solutions saturées à froid, l'une de bichlorure de mercure, l'autre de chlorure de sodium; dans la solution de *p*-amidobenzènesulfonate de sodium on verse 1^{lit} de sublimé; il se fait un précipité blanc, très ténu, composé d'aiguilles microscopiques de chloromercurate; on laisse reposer, on lave à l'eau distillée, et lorsque le précipité est réuni, on ajoute un demi-litre de solution de chlorure de sodium; le chloromercurate se dissout lentement : après deux jours de contact, on obtient une liqueur incolore, qui se conserve plusieurs mois, si l'on a eu soin d'éviter le contact des matières organiques. Sur la combinaison mercurielle ainsi préparée, il faut faire agir une solution diazotante; on la prépare en dissolvant 4^{gr} de nitrite de potassium dans 1^{lit} d'eau; enfin on doit aussi se procurer une solution saturée d'acide sulfureux exempte de composés nitrés.

» Pour se servir du réactif, dans un flacon à l'émeri on mesure 100^{cc} d'eau à analyser, on ajoute successivement 5^{cc} de chloromercurate, 2^{cc} de nitrate de potassium et 15 gouttes d'acide chlorhydrique normal; on agite, on ferme le flacon que l'on place dans un lieu obscur. Il se forme progressivement et lentement une coloration jaune; si l'eau est cystinée, il se développe simultanément une coloration orangée résultant de la combinaison de la cystine avec le chloromercurate, qui atteint son maximum d'intensité après six heures de contact. On ajoute alors 25^{cc} de solution sulfureuse, on abandonne le tout à lui-même durant deux heures. Suivant que l'eau est pure ou contaminée, trois cas peuvent se présenter :

» *Premier cas.* — La coloration obtenue est jaune, elle s'étend à toute la masse, où elle n'est visible qu'à la surface sous forme de ménisque; sous l'influence de l'acide sulfureux la décoloration est complète, le liquide est incolore par transparence. Dans ce cas, l'eau ne contient pas de cystine. Dans ce groupe rentrent les eaux de *sources, et les eaux ammoniacales sulfhydriquées* que je désignerai sous le nom d'*eaux cystinées dégénérées.* Je me propose de revenir prochainement sur ce sujet.

» *Deuxième cas.* — La coloration jaune domine avec une pointe d'orangé visible particulièrement à la surface; l'acide sulfureux éteint le jaune, mais laisse le ménisque avec sa coloration orangée primitive. Les caractères sont ceux des eaux légèrement cystinées. Dans cette classe rentrent les eaux aériennes, telles que celles des *fleuves, rivières, ruisseaux et étangs;* toutefois, à la suite d'une forte pluie ou de crues, la proportion de cystine augmente ainsi que nous avons eu l'occasion de le constater pour le Rhône.

» *Troisième cas.* — La coloration est jaune orangé ou orangée; elle s'étend à tout le liquide, dont la teinte est plus ou moins foncée; le ménisque apparaît rouge groseille; l'action de l'acide sulfureux n'a d'autre résultat que de faire ressortir avec plus de netteté la coloration primitive. L'eau était contaminée, plus ou moins cystinée, en tout cas suspecte ou mauvaise.

» *Dosage de la cystine.* — Cette détermination peut se faire par des dosages de soufre ou de fer pratiqués sur la solution alcaline provenant de l'épuisement du précipité barytique; mais on arrive à une estimation suf-

fisante par voie colorimétrique, en comparant la teinte obtenue avec celle que donne une solution titrée de cystine.

» On dissout $0^{gr},05$ de cystine dans 100^{cc} d'eau acidulée par l'acide chlorhydrique; on ajoute 5^{cc} de chloromercurate, 2^{cc} de nitrite de potassium et 15 gouttes d'acide chlorhydrique normal; il se forme une coloration jaune orangé; après six heures de contact, on introduit 25^{cc} de solution sulfureuse; au bout de deux heures, le jaune est éteint, et il reste un liquide orangé avec lequel on prépare une gamme colorimétrique de la même manière que pour le dosage des nitrates et nitrites à l'état de picrate d'ammoniaque.

» Il suffit de chercher la correspondance entre la teinte obtenue avec l'eau et l'une de celles qui composent la gamme pour avoir la richesse en cystine.

» *Relations de la cystine avec la fièvre typhoïde.* — Toutes les eaux prélevées dans des maisons où des cas de fièvre typhoïde ont été nettement constatés, à la Guillotière, aux Brotteaux, ou dans l'intérieur de Lyon, ont donné une coloration orangée étendue à tout le liquide. L'intensité de la teinte, qui est en rapport avec la proportion de cystine, semble aussi en relation avec la gravité de la maladie. Dans une maison de l'avenue des Ponts, trois cas de fièvre typhoïde ont été suivis de mort; la coloration de l'eau de son puits a été la plus prononcée que j'aie obtenue; c'était aussi la plus riche en cystine que j'aie rencontrée, soit en moyenne $0^{gr},03$ au litre pendant la saison chaude.

» *Variations de la cystine.* — La proportion de cystine n'est pas fixe; elle varie très nettement avec les saisons : cette variation peut être reconnue à plusieurs signes, tels que aspect et abondance du précipité barytique, proportion relative de fer et de soufre, intensité variable de la coloration donnée par le chloromercurate. C'est à ce dernier réactif, utilisé comme nous l'avons indiqué, que nous avons donné la préférence.

» Des essais fréquemment répétés ont montré que l'intensité de la coloration, et partant la richesse en cystine des eaux contaminées, était maximum en septembre et octobre; à partir d'octobre, elle diminue graduellement, passe par un minimum en février et mars, pour reprendre ensuite une marche ascendante et revenir au maximum à la fin de la saison chaude.

» Les mêmes remarques s'appliquent à l'eau du Rhône, telle que la distribue la Compagnie : en février dernier, époque à laquelle j'ai commencé mes recherches, la teinte était peu sensible; progressivement, elle est devenue plus accentuée et a atteint un maximum dans la première quinzaine d'août; pendant la seconde moitié d'octobre, elle avait conservé son

taux en cystine, mais depuis ce taux s'est abaissé, suivant de près les mêmes variations que les eaux de puits. Comparée aux puits de la Guillotière et des Brotteaux, la richesse en cystine de l'eau du Rhône peut être évaluée au $\frac{1}{10}$ environ; toutefois, lorsque le fleuve déborde, la teneur s'élève et devient égale, parfois même supérieure, durant la crue, à celle que contient le plus mauvais puits de la Guillotière; j'ajouterai que ces fluctuations correspondent à celles de la fièvre typhoïde, comme en témoignent les statistiques.

» Non seulement la proportion de cystine est variable, mais cette substance peut disparaître à peu près totalement dans certaines eaux, ne laissant, comme indice de son existence antérieure, que de l'ammoniaque, de l'hydrogène sulfuré et des composés organiques sur lesquels je reviendrai. »

BOTANIQUE. — *Sur certains phénomènes présentés par les noyaux sous l'action du froid.* Note de MM. **L. Matruchot** et **M. Molliard**, présentée par M. Gaston Bonnier (¹).

« En étudiant l'action du froid sur la cellule nous avons obtenu, chez divers végétaux, des modifications nucléaires qui nous paraissent présenter quelque intérêt. Nous décrirons, en particulier, les phénomènes observés sur le Narcisse de Constantinople (*Narcissus Tazetta* L.). Dans le noyau normal du parenchyme foliaire de cette plante, la chromatine est disposée sur un réseau à mailles très étroites et à filaments très fins; ce réseau est réparti de façon à peu près uniforme dans tout l'intérieur du noyau.

» L'action du froid a produit dans les différentes cellules observées des effets analogues, mais à un degré variable.

» La déformation la moins accentuée se manifeste par l'existence d'un réseau à mailles plus larges et à filaments plus épais; la chromatine forme aux nœuds de ce réseau des amas plus abondants. Dans d'autres noyaux où le réseau plus condensé ne comprend qu'un nombre de mailles assez faible (une cinquantaine par exemple), on observe en outre une orientation très nette; le noyau devient alors généralement bipolaire, les deux pôles étant diamétralement opposés. Dans ces noyaux à structure bipolaire les filaments du réseau chromatique ont une tendance très accusée à se disposer parallèlement à la ligne des pôles.

(¹) Travail fait au laboratoire de Botanique de la Sorbonne, dirigé par M. Gaston Bonnier.

» A un degré plus marqué de déformation les filaments sont rejetés à la périphérie du noyau et se disposent suivant des lignes méridiennes; ces filaments principaux sont reliés entre eux par de rares et courtes anastomoses s'orientant elles-mêmes, plus ou moins, dans la direction polaire.

» En même temps que le réseau devient superficiel, il s'effectue une concentration de la chromatine vers les régions équatoriales; cette concentration se fait à la fois par l'apparition d'un renflement fusiforme dans la partie médiane de chacun des filaments méridiens et par une fusion latérale, deux à deux ou trois à trois, de ces parties renflées. Il se produit ainsi un nombre assez restreint (8 à 12 par exemple) de nodosités équatoriales d'où partent de gros trabécules transversaux les reliant entre elles, et de fines fibrilles méridiennes qui vont s'amincissant en se rapprochant des pôles; fortement chromatiques à leur base, ces fibrilles le sont de moins en moins vers leurs extrémités.

» A un degré plus accentué encore, cette condensation conduit à la formation d'un anneau équatorial continu et de largeur uniforme; la partie chromatique du noyau se trouve alors réduite à cet anneau mince, dont le contour très précis ne présente plus que de légères denticulations d'où partent les fibrilles méridiennes devenues entièrement achromatiques.

» A ce dernier état le noyau ne présente pas trace de nucléole. En ce qui concerne ce dernier élément, nous avons observé, dans les divers cas, des déformations qui sont en relation intime avec celles du réseau et qui aboutissent à la disparition complète du nucléole. Sphérique dans le noyau normal, il présente dans les noyaux gelés des phénomènes d'étirement et il se dispose, comme les fibrilles chromatiques, parallèlement à la ligne des pôles; d'ailleurs l'insertion même des fibrilles à sa surface semble montrer que cet étirement est purement passif. Il subit, dans le cas de la formation d'un anneau chromatique équatorial, le sort d'une quelconque des nodosités du réseau et prend part au même titre qu'elles à la constitution de cet anneau.

» On pourrait s'expliquer les divers aspects que nous venons de décrire rapidement en imaginant que, par suite de l'action du froid, il se produit entre le noyau et le reste de la cellule des phénomènes de diffusion amenant, à l'intérieur du noyau, une distension du suc nucléaire.

» Cette distension ne se produisant pas d'une manière égale dans toute la masse du noyau, mais se localisant, au contraire, en un certain nombre de points, déterminerait la formation de masses vésiculeuses déplaçant le réseau et le comprimant entre elles.

» Qu'il s'établisse deux de ces vésicules suffisamment étendues pour remplir presque

tout le noyau en s'accolant l'une à l'autre, le réseau chromatique se trouvera rejeté à la périphérie, les filaments du réseau distendus, et la chromatine tout naturellement localisée dans un anneau équatorial tel que celui que nous avons fréquemment observé, et qui correspondrait, dans cette hypothèse, à la zone de moindre pression.

» Qu'il se forme, dans un noyau allongé, trois de ces vésicules, l'une médiane et les deux autres latérales, la chromatine devra se disposer suivant deux anneaux parallèles. Nous avons précisément rencontré ce cas particulier.

» Enfin, qu'une seule vésicule prenne naissance excentriquement, la chromatine se trouvera rejetée d'un seul côté et affectera la forme d'une calotte polaire : c'est là encore une disposition qui s'est présentée à nos yeux.

» La formation de telles vésicules permettrait donc d'expliquer les aspects les plus caractéristiques que nous ont présentés les noyaux étudiés. Cette hypothèse prend d'autant plus de force que, dans plusieurs cas, nous avons pu reconnaître un véritable boursouflement du noyau. C'est ainsi qu'à plusieurs reprises nous avons rencontré des noyaux qui offraient deux vésicules très développées faisant hernie au dehors et laissant entre elles un sillon circulaire assez marqué, au fond duquel se trouvait l'anneau chromatique équatorial. D'autres fois, nous avons pu reconnaître de la même façon l'existence d'une ou de trois vésicules, et la chromatine était alors disposée comme nous l'avons indiqué plus haut.

» Mais il y a plus. Chaque fois que nous avons pu observer d'une façon précise les relations de position réciproque du noyau et des vacuoles protoplasmiques, nous avons constaté que les modifications de structure amenées dans le noyau étaient en rapport direct avec le nombre, le volume et la position des vacuoles.

» Dans les cellules jeunes, que remplit presque entièrement le protoplasma, le noyau subissant l'action du froid garde à peu près sa structure normale; le réseau devient seulement plus lâche, et lorsque des vésicules sont apparentes, elles sont petites et nombreuses.

» Lorsque les éléments du noyau prennent une orientation bipolaire, on constate que ce noyau, dans la région des pôles, n'est séparé du suc cellulaire que par une mince couche protoplasmique. De plus, la ligne des pôles est alors normale à la surface de contact du protoplasma et du suc cellulaire.

» Enfin, et pour nous en tenir à un troisième exemple, chaque fois que le noyau présente une calotte chromatique, celle-ci est diamétralement opposée à la surface libre d'une grande vacuole protoplasmique.

» En résumé, l'action du froid produit des déformations nucléaires qui

sont en relation évidente avec la position respective du noyau et du suc cellulaire, ainsi qu'avec l'épaisseur de la couche protoplasmique qui sépare ces deux éléments. Un des phénomènes les plus apparents est une orientation, généralement bipolaire, de la partie chromatique avec condensation plus ou moins complète de la chromatine dans la région équatoriale.

» Sans vouloir établir d'homologie avec les figures de karyokinèse, il est intéressant de remarquer que cette orientation n'est pas sans rappeler celle qu'on observe lors de la division indirecte du noyau. »

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur la toxicité des composés alcalino-terreux à l'égard des végétaux supérieurs*. Note de M. **Henri Coupin** (¹), présentée par M. Gaston Bonnier.

« Le calcium, le strontium et le baryum forment parmi les métaux un groupe très naturel qui les a fait réunir sous le nom commun d'*alcalino-terreux*. Mais, de ce que leurs composés analogues présentent de grandes affinités, il ne s'ensuit pas nécessairement qu'ils doivent être également toxiques pour les êtres vivants. On en a une preuve manifeste dans leur manière de se comporter à l'égard des animaux, pour lesquels on peut dire que les composés de baryum seuls sont toxiques alors que les composés du calcium et du strontium leur sont ou indifférents ou très légèrement nuisibles.

» Je me suis proposé d'étudier leur manière de se comporter vis-à-vis des végétaux supérieurs, au point de vue de leur toxicité, en prenant comme matériaux d'étude des pieds d'une même plante à un même état de développement, dans le cas actuel des plantules de blé dont la gemmule avait de 3^{cm} à 4^{cm} de longueur.

» On constate d'abord que le carbonate de calcium, le sulfate de calcium, le fluorure de calcium, le sulfate de baryum, l'oxalate de baryum et le carbonate de baryum ne sont pas toxiques, résultat presque évident *a priori*, étant donnée la très faible solubilité de ces corps.

» Pour les autres composés, voici un Tableau qui résume les nombres obtenus par leurs équivalents toxiques, c'est-à-dire le poids du composé

(¹) Travail du laboratoire de Botanique de la Sorbonne, dirigé par M. Gaston Bonnier.

qui, dissous dans 100gr d'eau distillée, est suffisant et nécessaire pour produire la mort de la plantule.

	Calcium. Poids atom. = 40.	Strontium. Poids atom. = 87,50.	Baryum. Poids atom. = 137.
Bromure	$CaBr^2$ 3	$SrBr^2$ 2	$BaBr^2$ 0,62
Chlorure	$CaCl^2$ 1,85	$SrCl^2$ 1,50	$BaCl^2$ 0,235
Iodure	CaI^2 0,31	SrI^2 0,093	BaI^2 0,019
Azotate	$Ca(AzO^3)^2$ 4	$Sr(AzO^3)^2$ 3,5	$Ba(AzO^3)^2$ 0,185
Chlorate	»	»	$Ba(ClO^3)^2$ 0,0038
Acétate	$Ca(C^2H^3O^2)^2$ 1,25	» »	$Ba(C^2H^3O^2)^2$ 0,156
Phosphate	$CaH^4(PO^4)^2$ 2,5	» »	» »

» Entre autres remarques auxquelles conduit le Tableau ci-dessus, il convient d'appeler l'attention sur les suivantes (en laissant de côté les composés non toxiques par suite de leur faible solubilité) :

» 1° Les composés du calcium sont inégalement toxiques : très faiblement (1) (bromure, phosphate, azotate); faiblement (acétate, chlorure); très toxique (iodure).

» 2° Les composés du strontium sont ou très faiblement toxiques (azotate), ou faiblement (bromure, chlorure), ou très fortement (iodure).

» 3° Les composés de baryum sont ou moyennement toxiques (bromure), ou fortement (azotate, acétate, chlorure), ou très fortement (iodure), ou éminemment (chlorate).

---

(1) Dans mes recherches sur la toxicité des composés métalliques, j'ai été amené, pour faciliter le langage courant, à adopter une échelle de toxicité ainsi établie :

Très faiblement toxique	....	équivalent toxique	supérieur à 2
Faiblement »	....	»	compris entre 2 et 1
Moyennement »	....	»	» 1 et 0,40
Très fortement »	....	»	» 0,40 et 0,25
Fortement »	....	»	» 0,25 et 0,1
Éminemment »	....	»	inférieur à 0,1
Très fortement »	....	»	entre 0.1 et 0,01

» 4° Pour les trois métaux, la toxicité augmente du bromure au chlorure et à l'iodure. Ce dernier a, partout, une toxicité élevée qui détonne en quelque sorte sur celle des autres composés.

» 5° Au point de vue de la toxicité, le strontium est plus voisin du calcium que du baryum, ce qui concorde avec les propriétés chimiques des trois métaux et leur manière de se comporter vis-à-vis des animaux.

» 6° Contrairement à ce qui a lieu pour les animaux, la plupart des composés du calcium et du strontium sont toxiques pour les plantes, quoique, en général, dans une faible mesure. Mais, comme chez les animaux, la toxicité des composés du baryum est très élevée.

» 7° Le chlorate de baryum est éminemment toxique; ceci est à rapprocher de ce fait que, contrairement à la plupart des autres sels de sodium et de potassium, dont la toxicité est généralement faible, le chlorate de sodium et le chlorate de potassium ont tous les deux une toxicité extrêmement élevée. (H. Coupin.)

» 8° Enfin, le résultat le plus intéressant à noter est que la toxicité des composés homologues du calcium, du strontium et du baryum augmente manifestement dans le même sens que le poids atomique du métal. »

BOTANIQUE. — *Sur la culture pure d'une algue verte; formation de chlorophylle à l'obscurité*. Note de M. **Radais** (¹), présentée par M. L. Guignard.

« L'isolement d'une Algue verte unicellulaire, le *Chlorella vulgaris*, et la culture de cet organisme à l'état de pureté, ont permis à Beyerinck (²) de démontrer que, contrairement à ce que l'on observe généralement chez les végétaux à chlorophylle, cette espèce utilise pour son développement les milieux riches en albuminoïdes et en hydrates de carbone. Malgré ce mode de vie qui rappelle le saprophytisme des Champignons et des Bactéries, l'Algue forme son pigment assimilateur et décompose l'acide carbonique à la lumière. Il était permis dès lors de se demander si la suppression de toute radiation lumineuse, en obligeant la plante à vivre exclusivement en

(¹) Travail du laboratoire de Botanique de l'École de Pharmacie.

(²) M.-W. Beyerinck, *Culturversuche mit Zoochlorellen, Lichenengonidien und anderen niederen Algen*. (*Bot. Zeit.*, 1890, t. XLVIII, p. 725 et suiv.)

saprophyte, aurait ou non pour conséquence la disparition du pigment chlorophyllien.

» J'ai réussi à isoler de nouveau le *Chlorella vulgaris* Beyerinck et j'expose ici les résultats du développement comparé de cet organisme à la lumière et à l'obscurité.

» Parmi les milieux nutritifs très nombreux que peut utiliser l'algue en question, j'ai fait choix, pour ces expériences, de ceux qui se prêtent le mieux à un rapide et abondant développement : tels sont les tranches de pomme de terre, cuites à la vapeur, et l'extrait de malt (macération au $\frac{1}{10}$ d'orge germé) solidifié par la gélose. On obtient aussi de belles cultures superficielles en imprégnant de ce liquide des blocs de plâtre ou des bougies de porcelaine et d'alumine.

» Sur ces milieux, les cultures ont été conduites, à diverses températures comprises entre 12° et 38° (25° optimum), en séries parallèles à la lumière et à l'obscurité. Afin de réaliser sûrement cette dernière condition, les précautions suivantes ont été observées :

» Les cultures non éclairées comprenaient un nombre de vases suffisant pour qu'à chaque examen l'échantillon prélevé fût mis hors série après son exposition à la lumière. Pour les essais effectués à la température du laboratoire (12°-17°), j'ai utilisé un cabinet noir photographique muni d'un tambour d'entrée; pour les cultures à plus haute température (20°-38°) les vases étaient placés dans une boîte métallique à fermeture étanche vis-à-vis de toute radiation lumineuse. A chaque prélèvement, la boîte était transportée de l'étuve au cabinet noir et ouverte à l'obscurité absolue.

» Dans ces conditions, la multiplication des cellules se fait avec la même rapidité à la lumière et à l'obscurité. Dans les deux cas aussi, le verdissement se produit, précédé d'une phase d'étiolement où les cellules nouvelles, d'abord jaunes, se nuancent peu à peu de vert clair pour arriver au vert foncé. Cette phase de début est plus longue, à l'obscurité, surtout sur les milieux sucrés; au bout d'une dizaine de jours, à 25° la teinte est devenue uniforme pour les cultures obscures ou éclairées.

» Le seul aspect extérieur de la masse des cellules vertes ne saurait suffire pour conclure à la formation de chlorophylle à l'obscurité. Les observations spectroscopiques qui suivent donnent la preuve de cette formation.

» La masse verte de cellules, enlevée de la surface du milieu nutritif et délayée dans l'eau, est filtrée rapidement à la trompe, lavée, essorée et séchée dans le vide à l'abri de la lumière. Par trituration de la matière sèche avec un dissolvant approprié (alcool, sulfure de carbone), on obtient une solution qui est examinée immédiatement au spectroscope, à divers degrés de dilution, et sous une épaisseur de 15^{cm}.

» Le peu de substance mise en œuvre et la nécessité d'opérer rapidement avec des dissolvants neutres pour éviter l'altération du produit, n'ont permis de représenter le

titre des solutions que par le poids de matière sèche traitée comparé à celui du dissolvant.

» A. *Solutions dans l'alcool à* $\frac{1}{500}$. — On observe un spectre d'absorption comprenant :

Bande I........	λ 691-645	Axe moyen......	λ 667

Cette bande, très noire, est à peine dégradée sur les bords.

Bande II........	λ 628-604	Axe moyen......	λ 618
Bande III.......	λ 592-567	Axe moyen......	λ 577

» Bande continue depuis λ 511 jusqu'à l'extrémité la plus réfrangible du spectre. Cette bande, très noire, débute par une pénombre dégradée de λ 7 environ de largeur.

» B. *Solutions dans le sulfure de carbone à* $\frac{1}{500}$. — Même spectre que celui des dissolutions dans l'alcool, mais avec un transport vers le rouge et un dédoublement de la bande I en une portion très foncée d'axe moyen λ 679 et une bande plus claire contiguë ayant λ 659 pour axe moyen.

» Les bandes II et III, claires, à bords dégradés, ont pour axes respectifs λ 625 et λ 583. La large bande continue de la portion la plus réfrangible du spectre débute à λ 550, avec un bord estompé de λ 7 environ.

» C. En diluant les solutions précédentes, on voit disparaître d'abord les bandes III et II; la bande I est encore visible pour une concentration de $\frac{1}{10000}$.

» Ces observations ont été répétées au moyen des cultures obtenues parallèlement à la lumière et à l'obscurité. Dans tous les cas, le spectre du pigment produit s'est présenté le même; la répartition des bandes d'absorption et le repérage de leurs axes en longueurs d'onde montrent d'ailleurs nettement qu'il s'agit d'une chlorophylle.

» Ce résultat confirme certaines observations antérieures en les précisant. Dans une culture impure d'une Cyanophycée développée à l'obscurité, Bouillac [1] a obtenu un verdissement de la plante dû à la formation de chlorophylle [2]. L'auteur considère que l'apparition du pigment est liée à la présence du glucose et au maintien d'une température de 30°.

» Chez le *Chlorella vulgaris*, la production de chlorophylle à l'obscurité ne nécessite pas la présence de tel aliment particulier et s'effectue dans les larges limites de température où les cellules se multiplient.

» Plus récemment, Artari [3] a vu de même verdir à l'obscurité des

---

(1) R. Bouillac, *Recherches sur la végétation de quelques algues d'eau douce.* (*Thèse de Doctorat de la Faculté des Sciences de Paris*, 1898.)

(2) Étard et Bouillac, *Sur la présence de la chlorophylle dans un Nostoc cultivé à l'abri de la lumière.* (*Comptes rendus*, t. CXXIV; 1898.)

(3) A. Artari, *Bull. de la Soc. imp. des Nat. de Moscou*, 1899, n° 1, p. 39.

cultures pures de gonidies de lichen (*Chlorococcum Xanthoricæ*) et conclut à la présence de chlorophylle d'après le seul aspect des cultures. Bien qu'aucun examen spectroscopique ne vienne à l'appui de cette opinion, il est probable que le pigment observé par l'auteur n'est autre chose qu'une chlorophylle.

» Dès lors, et en présence de ces résultats concordants, on doit se demander quel rôle joue le pigment ainsi produit et s'il est inactif à l'obscurité au point de vue de l'assimilation chlorophyllienne. C'est une question sur laquelle je me propose de revenir. »

GÉOLOGIE. — *Le volcan andésitique de Tifarouïne* (*Algérie*). Note de M. L. Gentil, présentée par M. A. Michel-Lévy.

« Je désignerai sous le nom de *volcan de Tifarouïne* une série d'éruptions andésitiques qui se sont succédé sans interruption, ou à des intervalles de temps relativement courts, — à l'époque du Miocène supérieur — en un point situé sur la côte occidentale de la province d'Oran, en Algérie.

» Les produits volcaniques accumulés par ces éruptions s'étendent actuellement entre la Mersa Madar et le cap Figalo (dans la région appelée *Tifarouïne* par les indigènes) sur une surface présentant 15^{km} suivant sa plus grande longueur. Si l'on songe, d'autre part, que ce volcan miocène a été fortement démantelé et qu'il est en grande partie recouvert par des sédiments, on verra qu'il a dû constituer un massif assez imposant.

» L'étude en a été esquissée par MM. J. Curie et Flamand, qui ont signalé des roches trachytiques, trachyto-porphyriques, des trachyandésites, des andésites à pyroxène et une augite-andésite à pyroxène et hypersthène. J'ai repris cette étude pour le Service de la Carte géologique de l'Algérie, et, après le relevé d'une carte détaillée au $\frac{1}{50000}$, l'étude des nombreux échantillons que j'ai recueillis, j'ai établi une succession d'éruptions andésitiques qui m'a paru intéressante non seulement par la variété de ses types pétrographiques, mais encore par le mode de gisement de ces roches volcaniques.

» Au point de vue pétrographique j'ai distingué trois types principaux de roches qui se sont épanchées dans l'ordre suivant, de bas en haut.

» 1° *Andésite à biotite.* — Cette roche, de couleur gris clair, est caractérisée par de belles lamelles de *mica noir*. Ce minéral du premier temps de consolidation est accompagné d'*augite*, d'*hypersthène* et de rares cristaux d'*apatite* et de *magnétite;* enfin

de grands feldspaths calcosodiques parmi lesquels j'ai reconnu toute la série des plagioclases depuis l'*andésine acide* jusqu'à la *bytownite*. Le deuxième temps est marqué par une pâte, en partie vitreuse, renfermant un très grand nombre de microlites feldspathiques très fins, allongés suivant la zone pg'(001) (010) à extinctions faibles ou nulles, plus rarement aplatis sur g^1(010) et présentant alors les caractères de l'*andésine-oligoclase,* de l'*andésine* et de l'*andésine basique*. Cette pâte renferme en outre de petits cristaux de *magnétite*.

» 2° *Andésite à hornblende*. — Cette roche, de couleur claire comme la précédente, est caractérisée par de jolis cristaux allongés d'*hornblende,* avec polychroïsme vert brunâtre et angle d'extinction notable, ou bien polychroïsme brun foncé et extinction très faible. Ce minéral est accompagné d'autres phénocristaux d'*apatite,* d'*augite* et d'*hypersthène* assez rares, enfin de nombreux feldspaths calcosodiques variant depuis l'*andésine-oligoclase* jusqu'au *labrador basique*. La pâte du deuxième temps plus ou moins vitreuse renferme de fins microlites feldspathiques (*oligoclase* et *andésine*) et des microlites plus rares de *magnétite*.

» 3° *Andésite à hypersthène*. — Cette roche est de couleur foncée, à pâte noirâtre sur laquelle se détachent de grands cristaux de feldspaths. Elle montre au microscope : des phénocristaux d'*hypersthène,* d'*augite,* de *magnétite,* de rares cristaux d'*apatite,* enfin de grands feldspaths calcosodiques offrant tous les termes entre l'*andésine acide* et la *bytownite basique*. La pâte du deuxième temps renferme toujours du verre, dans lequel sont noyés de fins microlites d'*oligoclase* et d'*andésine* et de nombreux microlites de magnétite.

» A ces trois types se rattachent d'autres roches, accidentelles dans ces éruptions. C'est ainsi que j'ai trouvé :

» *a*. Une *andésite micacée à biotite* qui forme des dykes et que je considère comme le *facies lamprophyrique* de l'andésite à biotite; elle se distingue de cette dernière par la présence de nombreux et fins microlites de biotite dans la pâte du deuxième temps.

» *b*. Une *andésite à augite* qu'il m'a été impossible de délimiter sur le terrain à cause de sa distribution indifférente; elle se rattache aux andésites à hornblende et aux andésites à hypersthène.

» *c*. Une *andésite feldspathique* dans laquelle les silicates ferromagnésiens du premier temps sont rares ou bien ont disparu; cette roche forme des filons.

» *d*. Une *andésite* avec *hypersthène* et *augite* assez rares, dont la pâte holocristalline présente une tendance très marquée à la structure microgrenue et qui se rapproche beaucoup des *micronorites*. Cette robe forme le *culot* du volcan miocène.

» Toutes ces roches présentent un caractère commun : c'est la présence de l'hypersthène, faiblement polychroïque, avec ses formes cristallines, ses macles, ses associations fréquentes à l'augite. Ces roches ont été, sur une grande surface, fortement altérées, silicifiées. Il en est résulté de nouveaux

types dans lesquels les phénocristaux et la pâte ont été partiellement ou même totalement épigénisés par du quartz, de la calcédoine, de l'opale, de la tridymite, etc. Dans les roches siliceuses ainsi formées, la composition minéralogique et la structure primordiales sont souvent très difficiles à reconnaître : j'ai presque toujours pu les déterminer en m'aidant d'observations minutieuses sur le terrain.

» Au point de vue du mode de gisement, les andésites de Tifarouïne se présentent principalement sous la forme de coulées et de brèches de projections.

» Les *coulées* sont épaisses et montrent souvent de superbes brèches ignées (*brèches de coulées*). Elles sont assez rares et marquent, plus particulièrement, le dernier effort de l'éruption.

» Les *dykes* et les *filons* sont accessoires et montrent quelquefois la forme bréchoïde des coulées au contact de leurs salbandes.

» Les *brèches de projections* prédominent. Elles sont formées de blocs irréguliers, anguleux, de grosseur variable, depuis le volume d'une noix jusqu'à plusieurs mètres cubes (jusqu'à 50^{mc}). Ces blocs sont des *bombes volcaniques* constituées par la même roche que les coulées associées, mais avec une pâte plus vitreuse. Les blocs de roches étrangères ou enclaves sont excessivement rares. Ces bombes, entremêlées de cendres et de lapilli, constituent un tuf volcanique généralement très résistant.

» Ces brèches sont surtout développées dans les déjections d'andésite à hypersthène. Elles se montrent sur une surface importante avec une épaisseur de plus de 400^m. Elles forment des lits superposés plongeant régulièrement autour d'un vaste cratère central. Elles sont intercalées de coulées et constituent un énorme *cône de débris*.

» On ne peut se méprendre sur l'origine des brèches andésitiques de Tifarouïne : ce sont de véritables *brèches de projections*.

» On est surtout frappé, dans ce volcan miocène, de l'abondance de ces brèches qui lui donnent une physionomie spéciale.

» J'ai retrouvé les mêmes caractères dans d'autres gisements andésitiques de l'Algérie et aussi au cap de Gate, dans l'Espagne méridionale. J'ai été frappé de voir, dans le massif volcanique de cette région, décrit par M. Osann, de puissantes formations de brèches, identiques à celles de Tifarouïne, et dans lesquelles j'ai retrouvé les mêmes types pétrographiques. Le volcan de Tifarouïne offre encore beaucoup d'intérêt au point de vue stratigraphique. Les relations avec les terrains encaissants sont assez curieuses; j'aurai l'occasion d'en parler prochainement. »

PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Chaleur spécifique du sang.* Note de M. **H. Bordier**, présentée par M. d'Arsonval.

« Peu de recherches ont été faites sur la chaleur spécifique des tissus de l'organisme, bien que cette constante physique soit d'une grande importance.

» Pour le sang, en particulier, on ne trouve guère [1] que les nombres indiqués par Landois, dans son *Traité de Physiologie,* et déterminés par Kopp; ces nombres sont :

Sang artériel	1,031
Sang veineux	0,892
Sang défibriné	0,927

» Mais si l'on remarque que l'eau a la plus grande chaleur spécifique connue et égale à 1, il y a lieu d'être étonné de voir assigner au sang artériel une chaleur spécifique supérieure à 1^{cal}, tandis que celle du sang veineux serait de 0,892 seulement!

» Une si grande différence paraissant inexplicable, je me suis proposé de reprendre ces déterminations. J'ai utilisé la méthode du refroidissement, après l'avoir expérimentée, dans les mêmes conditions, sur des liquides de chaleur spécifique bien établie (alcool, chloroforme, benzine).

» Comme le sang et les tissus de l'organisme sont altérés par une température trop élevée, on a pris 45° comme température initiale et l'on a, chaque fois, mesuré le temps correspondant à un abaissement de 20°; l'enceinte de refroidissement, recouverte intérieurement de noir de fumée, était complètement et soigneusement entourée de glace fondante, de manière à la maintenir toujours à la même température de 0°.

» Les déterminations ont été faites sur le sang de plusieurs animaux : bœuf, veau, chien. On a mesuré, pour un même animal, la chaleur spécifique : 1° du sang artériel recueilli directement dans le petit vase de laiton; 2° de ce même sang défibriné; 3° du sérum provenant de la coagulation.

---

(1) L'auteur de cette Note ne paraît pas avoir connu les déterminations que j'ai faites en 1890 (*Annales de Chimie et de Physique,* 6e série, t. XX, p. 178). La chaleur spécifique du sang n'est pas d'ailleurs constante. Elle varie notablement avec les proportions relatives d'eau (laquelle accroît la chaleur spécifique) et de matières fixes (lesquelles la diminuent) proportions qui varient du sang artériel (plus aqueux) au sang veineux, suivant les animaux et les conditions physiologiques. M. B.

» Quoique la chaleur spécifique du sang ne soit pas absolument constante et représentée par un chiffre mathématiquement invariable comme celle d'un liquide chimiquement pur, les nombres trouvés dans un grand nombre d'expériences oscillent, dans de faibles proportions, autour des moyennes suivantes :

Sang artériel	0,901
Sang défibriné	0,920
Sérum	0,932

» En ce qui concerne l'influence de la nature du sang (artériel ou veineux), les expériences ont porté sur deux chiens; les résultats ont toujours été concordants : la chaleur spécifique du sang artériel a été trouvée supérieure à celle du sang veineux.

» La moyenne des nombres obtenus est :

Sang artériel	0,906
Sang veineux	0,893

» Si l'on compare ces chiffres à ceux qui ont été indiqués par Landois, on constate un écart considérable pour ce qui concerne le sang artériel : le nombre 1,031 est donc erroné. Il n'en reste pas moins vrai que la chaleur spécifique du sang veineux est plus faible que celle du sang artériel : ce résultat peut s'expliquer par la présence, dans le sang veineux, des produits de déchets de la respiration des tissus, et principalement de l'hémoglobine réduite, dont la chaleur spécifique est sans doute moindre que celle de l'oxyhémoglobine.

» Il n'est pas inutile de faire remarquer que la chaleur spécifique totale du corps de l'homme et des animaux, qu'on a l'habitude de considérer comme égale à 1, est nécessairement plus faible que l'unité, puisque la chaleur spécifique du sang, la plus grande de celles des tissus de l'organisme, est en moyenne égale à 0,9 seulement. La capacité calorifique du kilogramme d'animal est bien plutôt voisine de 0,7 ou de 0,8 que de 1. »

PHYSIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Restauration des fonctions du cœur et du système nerveux central après l'anémie complète.* Note de M. **Frédéric Battelli**, présentée par M. Marey.

« J'ai fait, dans le laboratoire de Physiologie de l'Université de Genève, une série d'expériences pour rechercher après combien de temps on peut

encore réussir à ranimer le cœur et le système nerveux central, soumis à une anémie complète.

» Les expériences ont été faites sur des chiens adultes.

» L'anémie complète a été produite en arrêtant les battements du cœur, soit par l'électrisation directe de cet organe au moyen d'un courant induit, soit par la suffocation (occlusion de la trachée), soit par la chloroformisation.

» Quelle que fût la méthode employée pour arrêter le cœur, je me suis servi du procédé suivant pour rappeler l'animal à la vie :

» Lorsque les battements du cœur ont complètement cessé, on ouvre le thorax sur le côté gauche, en pratiquant un volet de manière à pouvoir introduire la main. On ouvre le péricarde. On saisit le cœur à pleine main et l'on pratique la compression rythmique des ventricules, en même temps qu'on entretient la respiration artificielle au moyen d'un tube introduit dans le larynx.

» Le cœur reste vide de sang, le centre vaso-moteur étant paralysé. Pour ramener le sang vers le cœur, on comprime rythmiquement l'abdomen.

» Après quelques secondes de compressions rythmiques des ventricules, ceux-ci offrent des trémulations fibrillaires qui s'accentuent de plus en plus. Après un temps variable suivant les circonstances, les différentes fonctions du système nerveux central se rétablissent successivement : le centre respiratoire d'abord, le réflexe cornéen ensuite, et un peu plus tard, le réflexe patellaire. En outre, le centre vaso-moteur reprenant ses fonctions, le sang afflue en abondance vers le cœur.

» Mais le cœur continue à offrir des trémulations ventriculaires. Pour les faire cesser on applique sur les ventricules une décharge électrique, en suivant le procédé et les indications données par M. le professeur Prevost et par moi (Notes aux *Comptes rendus,* 26 décembre 1899, et *Journal de Physiologie,* n° 1; 1900).

» Sous l'effet de la décharge le cœur reprend son rythme; souvent il est un peu faible au début, il se vide avec difficulté. On pratique encore quelques compressions des ventricules toutes les cinq ou six secondes.

» On suture alors la plaie du thorax et l'on suspend la respiration artificielle. L'animal respire spontanément, mais ne paraît pas avoir conscience de ce qui se passe autour de lui. La température rectale, qui s'était abaissée à 34° ou 33°, tend encore à baisser, et l'animal succombe bientôt si on ne le réchauffe pas. Dans ce but on le place sur une plaque de zinc chauffée à 40° environ. Bientôt la température rectale monte.

» Après une heure environ (à partir du moment où l'on a suturé le thorax), l'animal commence à reprendre la conscience et l'intelligence. Après deux heures, il crie, il soulève la tête si on l'appelle, il essaye de mordre si on le pince, il fait des efforts, il est très agité.

» Malheureusement, pendant la manœuvre des compressions rythmiques des ventricules, il m'a été impossible de ne pas blesser les plèvres, étant donnée la séparation imparfaite du médiastin chez le chien. Cette lésion des plèvres, unie au fait des cris violents et de la grande agitation du chien, sont peut-être la cause de la mort rapide

de l'animal. Les chiens sur lesquels j'ai opéré de la manière que je viens d'indiquer n'ont jamais vécu au delà de vingt-deux heures.

» Les résultats que j'ai obtenus dans les différents procédés employés pour amener l'arrêt du cœur sont les suivants :

» A. *Arrêt du cœur par l'électrisation directe de cet organe au moyen d'un courant induit.* — Après le passage du courant, l'animal présente une période d'agitation, de cris, etc., qui est bien connue. Tout mouvement respiratoire cesse après une minute et demie environ.

» Lorsqu'on attend que dix minutes se soient écoulées, à partir du moment où les battements des ventricules se sont arrêtés, on constate que les trémulations ventriculaires ont presque complètement cessé. En pratiquant, à ce moment, les compressions rythmiques des ventricules, on voit habituellement apparaître les premiers mouvements respiratoires spontanés après quatre ou cinq minutes. Le réflexe cornéen se rétablit après une dizaine de minutes, et un peu plus tard le réflexe patellaire.

» Lorsque quinze minutes se sont écoulées depuis l'apparition des trémulations ventriculaires, les mêmes phénomènes se produisent, mais la restauration des fonctions du système nerveux est plus longue à apparaître.

» Si l'on attend vingt minutes, on peut réussir à faire rebattre le cœur, mais habituellement les centres nerveux ne reprennent pas leurs fonctions. Après trente minutes d'anémie complète, le cœur aussi devient incapable de récupérer son rythme.

» B. *Arrêt du cœur par suffocation* (occlusion de la trachée). — Par l'occlusion de la trachée, le cœur du chien s'arrête, comme on sait, après sept ou huit minutes. Je commençais la compression rythmique des ventricules dix minutes après l'arrêt complet du cœur, savoir dix-sept ou dix-huit minutes après l'occlusion de la trachée. A parité de durée de l'arrêt complet du cœur, il faut habituellement un temps plus long, pour ranimer les fonctions du système nerveux central, que dans la mort par l'électrisation du cœur.

» C. *Arrêt du cœur par chloroformisation.* — La compression rythmique des ventricules a été faite dix minutes après l'arrêt complet du cœur. Le rappel à la vie de l'animal a lieu aussi vite que dans la mort par électrisation directe des ventricules.

» De ces différentes expériences nous pouvons déduire les conclusions suivantes :

» 1. Le cœur paralysé par différents procédés a pu reprendre ses battements après un arrêt complet de dix minutes (vingt minutes dans la mort par électrisation du cœur quand on appliqua sur cet organe une décharge électrique), après avoir comprimé les ventricules d'une manière rythmique.

» 2. Le systéme nerveux central a pu reprendre ses fonctions après un arrêt du cœur prolongé pendant dix minutes (quinze minutes dans la mort par électrisation du cœur). La conscience et l'intelligence de l'anima se sont rétablies.

» 3. La survie des animaux n'a pas dépassé vingt-deux heures ; ils ont

succombé à l'affaiblissement graduel, favorisé peut-être par la blessure des deux plèvres.

» 4. L'idée généralement acceptée (Loye, S. Mayer, Richet) que la fonction psychique ne peut être rétablie après que l'anémie l'a abolie, ne peut pas être admise. Comme Brown-Séquard l'avait avancé, le tissu cérébral peut supporter au contraire une anémie complète prolongée, et réacquérir ensuite ses fonctions.

» 5. J'ai pu rappeler à la vie des chiens normaux adultes soumis à l'asphyxie par suffocation après dix-huit minutes; le maximum atteint jusqu'ici par le procédé de la respiration artificielle était de huit minutes (Piot).

» 6. J'ai pu rappeler à la vie des chiens normaux adultes dont le cœur avait complètement cessé de battre depuis dix minutes à la suite de la chloroformisation.

» 7. Il est possible que ce procédé puisse être appliqué d'une façon efficace chez l'homme, en cas d'arrêt du cœur causé par la chloroformisation, par la suffocation, par les accidents de l'industrie électrique, etc. »

PHYSIOLOGIE. — *Méthode pour l'examen et la mesure du goût* (1). Note de MM. **Ed. Toulouse** et **N. Vaschide.**

» Il n'existe pas, à proprement parler, de méthode systématique pour la mesure du goût. Certains expérimentateurs ont employé des poudres gustatives; d'autres, des solutions déposées sur la langue avec le doigt, un pinceau, une éponge ou des tubes; d'autres enfin, des courants électriques. Mais les conditions de l'expérience n'ont pas été rigoureusement établies; Or, c'est la seule chose qui importe pour que les recherches puissent être comparables, ainsi que nous l'avons montré pour les autres sens (2).

» Nous avons adopté le chlorure de sodium pour les saveurs salées, la

---

(1) Travail du laboratoire de M. Toulouse à l'asile de Villejuif.

(2) Ed. Toulouse, *Mesure de l'odorat par l'eau camphrée* (*Soc. de Biologie*, 13 mai 1899). — Ed. Toulouse, et N. Vaschide, *Nouvelle méthode pour mesurer la sensibilité thermique* (*Acad. des Sciences*, 22 janvier 1900). — Ed. Toulouse et N. Vaschide, *Nouvelle Méthode pour la mesure de l'acuité auditive pour l'intensité des sons* (*Acad. des Sciences*, 19 février 1900). — Ed. Toulouse et N. Vaschide, *Nouvelle Méthode pour la mesure de la sensibilité tactile de pression des surfaces cutanées et muqueuses* (*Acad. des Sciences*, 5 mars 1900).

saccharose pour les saveurs sucrées, le di-bromhydrate de quinine pour les saveurs amères, et l'acide citrique pour les saveurs acides. Ces corps, qui sont définis et familiers pour tous les sujets normaux, sont solubles dans l'eau distillée à 1 pour 10 ([1]).

» Chacun est dilué à 1 pour 10, à 1 pour 100, à 1 pour 1000, etc.; ensuite chacune de ces solutions de série est divisée en 9 plus faibles et donne des solutions divisionnaires à 1, 2, 3, ..., 9 pour 100, à 1, 2, 3, ..., 9 pour 1000, etc. On emploie, au moyen de compte-gouttes convenables, des gouttes de $\frac{1}{50}$ de centimètre cube ([2]), présentant toutes le même volume, quelle que soit la concentration de la solution, et sensiblement le même poids. D'ailleurs ce poids, lorsque la vitesse de chute tend à être nulle, est en général insuffisant à éveiller une sensation de contact. En outre, si la solution est maintenue dans un bain-marie réglé à 38°, la goutte d'eau, dans les conditions normales, ne provoque pas de sensation thermique appréciable. Si donc elle est sentie, c'est uniquement à cause de ses qualités sapides, puisque d'autre part ces corps ne donnent pas lieu à des sensations olfactives.

» Nous commençons par des gouttes, qui, par leur dilution, provoquent des excitations gustatives au-dessous du minimum perceptible (solution salée à 1 pour 10000, solution sucrée à 1 pour 10000, solution amère à 1 pour 100000, solution acide à 1 pour 100000). Alternativement et sans ordre, nous employons, pour les expériences négatives, des gouttes d'eau distillées de même volume; et nous faisons croître l'excitant, c'est-à-dire que nous employons des gouttes de plus en plus concentrées jusqu'à ce que le sujet accuse une sensation gustative indéterminée, ce qui donne un premier minimum de la sensation.

» Dix expériences analogues nous fournissent une moyenne pour le même point de la langue ([3]). Nous procédons de la même manière pour déterminer le minimum de la perception gustative (reconnaissance du corps sapide).

» Après chaque expérience, le sujet se rince la bouche avec 5^{cc} d'eau distillée à 38° et se repose pendant un temps suffisant pour la disparition des saveurs salées, sucrées, acides et amères, soit pendant une minute environ pour les trois premières, et cinq minutes pour la dernière.

» Pour l'étude des *saveurs-odeurs*, que nous appelons ainsi parce qu'on ne les reconnaît pas lorsque le nez est bouché et qu'on les reconnaît aussitôt que ce dernier est débouché, et qui nous renseignent sur le fonc-

---

([1]) Ces solutions doivent être conservées à l'abri de l'air et de la lumière, et il faut les renouveler tous les quinze jours. Sans cela, les corps subiraient des transformations. La saccharose, par exemple, deviendrait du glucose.

([2]) On peut user, pour certaines expériences, de gouttes de $\frac{1}{100}$ de centimètre cube.

([3]) Nous donnerons prochainement la topographie de la sensibilité gustative de la bouche.

tionnement de l'odorat associé au goût, nous employons les solutions ou mélanges suivants, qui donnent des excitations supérieures à celles nécessaires à une perception :

» Eau de fleur d'oranger.
» Eau de laurier-cerise.
» Mélange aqueux d'essence d'anis (1 goutte pour 30^{cc}).
» Mélange aqueux d'essence de menthe (1 goutte pour 30^{cc}).
» Mélange aqueux d'essence d'ail (1 goutte pour 30^{cc}).
» Solution aqueuse d'eau camphrée (1 pour 1000).
» Vinaigre.
» Solution aqueuse de sulfate de fer (1 pour 200).
» Rhum.
» Huile.

» On remarquera que ce sont là des produits usuels, mais non définis. Employés sous cette forme [1], ils doivent être reconnus par des sujets normaux, car leur valeur gustative, variable selon la qualité des produits, est dans tous les cas fort au-dessus du minimum perceptible. D'autre part, on ne recherche pas quelle intensité minimum est nécessaire pour provoquer la perception, mais seulement l'état du développement de la mémoire et du jugement liés à l'exercice du goût.

» Nous employons, pour les essences, des mélanges aqueux, et non des solutions alcooliques, afin de ne pas être gênés par le goût de l'alcool ; dans ce cas, l'eau agit mécaniquement en divisant les particules des essences, dont l'excitation à l'état pur serait trop intense. »

PHYSIQUE APPLIQUÉE. — *Sur quelques considérations relatives à la congélation de l'eau* [2]. Note de M. F. **Bordas**, présentée par M. Brouardel.

« Lorsqu'on soumet de l'eau contenue dans un récipient cylindrique, par exemple, à une température de 10° à 15° au-dessous de zéro, l'observation montre que la solidification du liquide se produit de la périphérie au centre du vase.

» Les cristaux de glace ainsi formés s'enchevêtrent les uns dans les autres et se soudent entre eux, en vertu d'un phénomène bien connu. Dans

---

(1) Il faut agiter les essences avant de s'en servir.
(2) Travail fait au Laboratoire municipal de Paris.

ce travail de solidification, le liquide demeuré interposé entre les cristaux est refoulé vers la partie centrale du vase.

» En répétant l'expérience ci-dessus avec une eau contenant des matières en suspension, comme des débris organiques, une solution de carmin, des microorganismes, ou des corps en dissolution comme des sels de potasse, glucose, couleurs d'aniline, sulfate de strychnine, présure, etc., la cristallisation de l'eau s'effectuant de la périphérie au centre, on obtient dans cette dernière partie un liquide contenant tous les corps en suspension et tous les sels en dissolution.

» D'autre part, comme ce noyau est devenu plus dense par l'effet de la concentration, il ne se solidifie guère que vers 12° ou 15° au-dessous de zéro; il en résulte que l'on peut, par simple décantation, obtenir soit la concentration des liquides qui peuvent s'altérer par les procédés actuellement usités dans les laboratoires, ou au contraire recueillir la partie solidifiée totalement exempte de matières étrangères.

» Dans une prochaine Note, j'indiquerai les résultats obtenus dans les applications de ces constatations aux recherches toxicologiques. »

M. C. Mermet adresse une Note relative à l'action de la lumière de l'acétylène sur les couleurs de certaines étoffes.

M. De Vincenzi adresse une nouvelle Note « Sur les manuscrits de Lavoisier ».

Les deux Notes sont renvoyées à la Section de Chimie.

A 4 heures un quart l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 5 heures un quart.

M. B.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans la séance du 5 mars 1900.

Ministère de l'Instruction publique. Annales du Bureau central météorologique de France, publiées par M. E. Mascart, Directeur. Année 1897 : I. *Mémoires;* II. *Observations;* III. *Pluies en France*. Paris, Gauthier-Villars, 1899-1900; 3 fasc. in-4°.

Théorie des fonctions algébriques de deux variables indépendantes, par MM. Émile Picard, Membre de l'Institut, et Georges Simart. T. II. 1er fasc. Paris, Gauthier-Villars, 1900; 1 fasc. in-8°.

Nouveaux éléments de Géométrie, par M. Charles Méray. Paris (F. Savy), Gauthier-Villars, 1874; 1 vol. in-8°. (Hommage de l'Auteur.)

Conjuguées des environs de Toulouse, par M. Joseph Comère. (Extr. du *Bull. de la Société botanique de France,* t. XLVI : séance du 14 avril 1899.) Paris, Libr.-impr. réunies, s. d.; 1 fasc. in-8°. (Hommage de l'Auteur.)

Association française pour l'avancement des Sciences : Compte rendu de la 28e Session. Première Partie *: Documents officiels; procès-verbaux.* Paris, G. Masson et Cie, 1900; 1 vol. in-8°.

L'Institut de Bibliographie : histoire et développement, organisation et service. Paris, 1900; 1 fasc. in-8°.

Notre ami le Chat, par Paul Mégnin, préface de François Coppée, de l'Académie française. Paris, J. Rothschild, 1899; 1 vol. in-8°. (Hommage de l'Auteur.)

Bulletin de la Société internationale des Électriciens. T. XVII, n° 164, janvier 1900. Paris, Gauthier-Villars; 1 fasc. in-8°.

Institut des Actuaires français. Bulletin trimestriel. 2e année, n° 39, janvier 1900. Paris, L. Dulac; 1 fasc. in-8°.

Bulletin de la Société des Amis des Sciences naturelles de Rouen. 4e série, 34e année, 1er et 2e trimestres 1898. Rouen, imp. Julien Lecerf, 1899; 1 vol. in-8°.

Bulletin économique de l'Indo-Chine; 3e année, n° 19, 1er janvier 1900. Saïgon, imp. coloniale, 1900; 1 fasc. in-8°.

Pétition adressée à M. le Président de la Chambre des Députés, le 18 *décembre* 1899, par Alfred Basin. Aire, A. Lequien, s. d.; 1 fasc. in-18.

Recherches sur les taches du Soleil et leur origine, par Kr. Birkeland.

Christiania, 1900; 1 vol. gr. in-8°. (Présenté par M. Poincaré. Hommage de l'Auteur.)

An account of the Crustacea of Norway, with short descriptions and figures of all the species, by G.-O. Sars. Vol. III : *Cumacea*, part III et IV. Bergen, 1900; 1 fasc. gr. in-8°.

Académie royale de Belgique. Bulletin de la classe des Sciences; 1900, n° 1. Bruxelles, Hayez; 1 fasc. in-8°.

Annales de la Société scientifique de Bruxelles; 24e année, 1899-1900, fasc. 1. Louvain; 1 fasc. in-8°.

Year-book of the Royal Society, 1900; n° 4. London, Harrison and Sons, 1900; 1 vol. in-8°.

Proceedings of the Royal physical Society, session 1898-99. Vol. XIV, part II. Edinburgh, M'Farlane and Erskine, 1900; 1 fasc. in-8°.

Memoirs and proceedings of the Manchester litterary and philosophical Society, 1899-1900. Manchester; 1 fasc. in-8°.

Proceedings of the Academy of natural Sciences of Philadelphia, 1899, part II. April-September. Philadelphia, 1899; 1 fasc. in-8°.

Journal of the Royal microscopical Society, edited by A.-W. Bennett; 1900, part I, february. London; 1 fasc. in-8°.

Geological Survey of Canada. Contributions to Canadian Palæontology : vol. IV, part I. Ottawa, 1899; 1 fasc. in-8°.

Anales de la Sociedad espanola de Historia natural. Serie II, t. VIII. Madrid, 1899; 1 fasc. in-8°.

COMPTES RENDUS

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 26 MARS 1900,

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE LÉVY.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

PHYSIQUE. — *Déviation du rayonnement du radium dans un champ électrique.* Note de M. HENRI BECQUEREL.

« Les expériences que je poursuis depuis plusieurs mois sur le rayonnement du radium ont montré que les propriétés de la partie de ce rayonnement déviable par un champ magnétique avaient la plus grande analogie avec celles des rayons cathodiques. Pour démontrer l'identité complète des deux sortes de radiations, il était nécessaire d'établir l'existence, pour le rayonnement du radium, soit d'un transport de charges électriques négatives, soit d'une déviation dans un champ électrique, ces deux propriétés étant, du reste. corrélatives l'une de l'autre.

» M. et Mme Curie ont montré tout récemment que le rayonnement du radium transporte des charges électriques négatives. Pendant que ces savants réalisaient cette expérience fondamentale qui a mis hors de doute

l'identité dont il vient d'être question, je cherchais, de mon côté, à mesurer la déviation électrostatique à laquelle mes mesures préliminaires dans le champ magnétique avaient permis d'assigner une grandeur probable ([1]).

» Cette mesure est particulièrement intéressante parce qu'elle permet, par sa comparaison avec la déviation magnétique, de déterminer la vitesse de translation des charges électriques et le rapport des masses matérielles entraînées à la charge qu'elles transportent.

» Après plusieurs essais pour obtenir, dans le vide, des champs électrostatiques très grands, je suis revenu à une disposition que j'avais employée il y a trois mois et qui, avec quelques perfectionnements, m'a permis de manifester le phénomène de la déviation électrique avec beaucoup de netteté, dans l'air, et à la pression atmosphérique.

» La disposition consiste essentiellement à faire passer un faisceau très étroit de radiations entre deux petits plateaux électrisés, et à recevoir le faisceau sur une plaque photographique enveloppée de papier noir. Des fils métalliques fins, placés en avant de la plaque, donnaient, par la trace de leur ombre, des repères précis. On constate alors que le faisceau émané du radium est repoussé par le plateau électrisé négativement, ce qui est conforme à l'existence de charges négatives transportées au travers du champ. La diffusion du faisceau est augmentée par la dispersion qui se produit dans le champ électrique comme dans le champ magnétique, et pour la même cause, qui est l'hétérogénéité du rayonnement.

» En renversant le sens du champ, les déplacements sont inverses, et l'on peut, en couvrant successivement chaque partie de la plaque par un écran opaque, obtenir sur la même épreuve les deux déviations de sens contraires.

» Ces déviations sont difficiles à mesurer; j'ai obtenu des résultats plus nets en employant la disposition suivante :

» Deux petits plateaux de cuivre, rectangulaires et de $3^{cm},45$ de hauteur, ont été disposés verticalement et fixés par de la paraffine de façon à laisser entre eux un intervalle d'air de 1^{cm} d'épaisseur. Dans cet intervalle, le champ électrique était mesuré sensiblement par la différence de potentiel des plateaux, évaluée en unités C. G. S. L'un des plateaux étant à la terre, l'autre était en relation avec une batterie de six grandes jarres dont la

---

([1]) *Comptes rendus*, t. CXXX, p. 210; 29 janvier 1900.

capacité réduisait considérablement la vitesse de la variation du potentiel entre les deux plateaux, sous l'influence du radium. Un électromètre à cadran de Henley, en relation avec la batterie, avait été gradué par l'observation de diverses distances explosives, de façon à donner approximativement le potentiel de la batterie. Pendant l'expérience, ce potentiel était maintenu constant en rechargeant constamment la batterie avec une machine à influence, et en faisant en sorte que la déviation de l'électromètre se maintînt constante. Une disposition convenable permettait, au cours d'une expérience, de renverser le sens du champ électrique entre les plateaux en lui conservant la même intensité.

» La plaque photographique, enveloppée de papier noir, était fixée en dehors du champ, à $1^{cm},2$ au-dessus de l'arête supérieure des plateaux; la matière radio-active était placée au-dessous du champ; dans une première série, la matière active était placée dans une petite cuve de plomb au-dessous d'une lame de plomb dans laquelle était pratiquée une fente de $0^{cm},15$ environ de large; dans une autre série, le sel de radium était rassemblé dans une rainure rectiligne de 1^{mm} de large, pratiquée dans un petit bloc de plomb; le tout était orienté de manière que la partie moyenne du faisceau coïncidât à peu près avec un plan parallèle aux plateaux et à égale distance de ceux-ci.

» Le faisceau large et diffus ainsi obtenu est dévié par le champ électrostatique; mais la déviation, qui correspond sur la plaque à un déplacement de quelques millimètres, est difficile à mesurer. On a alors disposé exactement au-dessus du milieu de la fente un écran plan très mince, en mica recouvert d'étain et bien isolé. Cet écran, qui dépassait les limites du champ et s'approchait près de la plaque photographique à laquelle il était normal, donnait sur celle-ci une ombre rectiligne très étroite, si le faisceau des radiations actives était exactement parallèle à son plan, ce qui est sensiblement réalisé lorsque les deux plateaux sont au même potentiel. Au contraire, si le faisceau est dévié dans un sens, une partie de ce faisceau sera arrêtée par l'écran, et celui-ci projettera sur la plaque une ombre dont la direction indiquera le sens de la déviation et dont la limite correspondra à la déviation des radiations les moins déviées par le champ électrique, et donnant encore une impression notable au travers du papier noir. Cette limite est diffuse en raison de la pénombre due à la largeur de la source, et surtout en raison de la dispersion du rayonnement par le champ électrique. Si l'on renverse le sens du champ, l'ombre est projetée en sens contraire.

» Dans cette expérience une disposition particulière permettait de couvrir, par un écran opaque, successivement, chacune des parties de la plaque photographique perpendiculairement à la déviation, de façon à obtenir sur la même épreuve les deux phénomènes inverses. On constate alors l'existence de deux bandes blanches décalées l'une par rapport à l'autre, montrant la dispersion dans deux sens opposés, à partir d'une origine commune.

» On a obtenu diverses épreuves pour des champs électriques qui ont varié entre $1,02 \times 10^{12}$ et $1,29.10^{12}$ unités C. G. S. La déviation, ramenée à une intensité commune du champ électrique d'environ $1,02 \times 10^{12}$ unités C.G.S. (10200 volts entre les deux plateaux), peut être évaluée à $0^{cm},4$ environ.

» Lorsqu'on calcule quelle doit être la trajectoire d'une particule matérielle de masse m, chargée d'une quantité d'électricité e entrant avec une vitesse v dans un champ électrique uniforme d'intensité F, la direction de la vitesse initiale étant normale au champ, on reconnaît très simplement que cette trajectoire est une parabole dont l'axe est parallèle à l'axe du champ, dont le sommet est au point d'entrée, et dont le paramètre est $\frac{mv^2}{eF}$. Si le champ a une épaisseur l perpendiculairement aux lignes de force, la déviation linéaire parallèlement au champ, vers le plateau positif, si e est négatif, a pour valeur au sortir du champ $x_1 = \frac{eFl^2}{2mv^2}$. A partir du moment où la particule a quitté le champ, elle se meut suivant la tangente à la parabole, et comme cette tangente va couper la tangente au sommet, c'est-à-dire la direction de la vitesse initiale, au milieu du champ, on voit que l'angle de déviation θ ou l'angle des tangentes est donné par la relation $\tan\theta = \frac{eFl}{mv^2}$. Si l'on considère un écran normal à la direction de la vitesse initiale, et situé à une distance h du champ, la particule mobile rencontrera cet écran à une distance du point d'intersection de cet écran avec la direction primitive égale à

$$\delta = \left(\frac{l}{2} + h\right)\tan\theta = \frac{eFl\left(\frac{l}{2} + h\right)}{mv^2}.$$

Dans l'expérience décrite ci-dessus, on avait approximativement $\delta = 0^{cm},4$

pour $F = 1,02 \times 10^{12}$ avec $l = 3^{cm},45$ et $h = 1^{cm},2$.

» Si l'on connaissait exactement le rayon de courbure ρ de la trajectoire dans un champ magnétique d'intensité H, d'une radiation identique, c'est-à-dire de la même masse m, chargée de la même quantité e, et animée de la même vitesse v normalement au champ, on sait qu'on aurait la relation

$$\frac{m}{e}v = \mathrm{H}\rho,$$

et en combinant cette relation avec la précédente, on en déduirait, pour la vitesse v, la valeur

$$v = \frac{\mathrm{F}l\left(\frac{l}{2}+h\right)}{\mathrm{H}\rho \times \delta}.$$

» Le point délicat de cette comparaison est d'identifier les radiations qui ont des déviations électriques et magnétiques correspondantes.

» Dans l'expérience qui vient d'être décrite, le papier noir élimine par absorption les radiations les plus déviables, et l'on peut vraisemblablement admettre que le bord de l'ombre correspond à des radiations de même nature que le bord le moins dévié de la région du maximum de transparence du spectre du papier noir obtenu dans le champ magnétique. Afin de contrôler l'exactitude de cette hypothèse, on a placé contre la plaque photographique enveloppée de papier noir, une bande étroite d'aluminium de $0^{mm},1$ d'épaisseur, de manière à pouvoir observer la déviation des rayons qui, avant d'atteindre la plaque photographique, ont traversé, les uns le papier noir seul, les autres la lame d'aluminium, puis le papier noir. J'ai montré que dans ces conditions les rayons les plus déviés par le champ magnétique et qui traversent le papier noir, ne traversent pas l'aluminium; les spectres sont décalés du côté le plus dévié et ne le sont pas de l'autre.

» L'expérience avec le champ électrique n'a montré non plus aucun décalage appréciable de l'ombre du côté le moins dévié, tandis qu'au-dessus de l'écran, en des points que peuvent atteindre les rayons les plus déviés de la région où il n'y a pas d'ombre, il semble que ces rayons aient été arrêtés par l'aluminium et non par le papier. L'hypothèse que nous venons de faire paraît donc légitime, mais l'identification reste encore une question d'appréciation. L'examen des épreuves a conduit à admettre que les rayons dont la déviation électrique était $0^{cm},4$ dans un champ égal à $1,02 \times 10^{12}$ étaient sensiblement les mêmes que ceux pour lesquels, dans

un champ magnétique, le produit $H\rho$ est environ 1600. On aurait donc

$$v = \frac{1,029.10^{13}}{1600 \times 0,4} = 1,6.10^{10},$$

ce nombre est donné ici seulement pour montrer l'ordre de grandeur de la vitesse qui, pour les radiations considérées, paraît comprise entre la moitié et les deux tiers de la vitesse de la lumière.

» On déduit de cette valeur de v la valeur de $\frac{m}{e} = 10^{-7}$.

» Ces nombres sont tout à fait de l'ordre de grandeur de ceux qui ont été trouvés pour les rayons cathodiques.

» La correspondance des valeurs de δ et de $H\rho$ introduites dans les formules ci-dessus n'est qu'approchée; des valeurs plus précises apporteront vraisemblablement quelque changement à ces nombres dont l'ordre de grandeur ne peut varier beaucoup. Il importe de faire la comparaison précise des valeurs de $H\rho$ et de δ par l'examen des spectres d'absorption électrique et magnétique de différentes substances afin de déterminer les valeurs de v et de $\frac{m}{e}$ pour des radiations inégalement déviables. On pourra ainsi reconnaître si $\frac{m}{e}$ et v sont tous deux variables et quelle est celle de ces deux grandeurs dont la variation prédominante entraîne la variation si considérable du produit $H\rho$ dans le champ magnétique.

» On obtient un spectre pur de la dispersion magnétique en recueillant seulement les radiations qui, issues d'une source ponctuelle, ont passé toutes par une même ouverture étroite; par ces deux points, en effet, il ne peut passer qu'une circonférence de rayon donné, et il n'y a qu'une trajectoire pour chaque espèce de radiation. Les épreuves que j'ai obtenues dans ces conditions n'ont pas présenté, au point de vue des limites d'absorption, de différences notables avec les résultats que j'ai publiés antérieurement. Si l'on veut isoler une radiation dont le rayon de courbure, dans un champ magnétique, soit déterminé, il faut disposer sur le trajet de celle-ci, dans un plan normal au champ, deux petites ouvertures qui, avec la source ponctuelle, constituent trois points par lesquels ne passe qu'une seule circonférence.

» Une expérience identique a été faite en disposant une fente au-dessus du champ électrique; il passe par cette fente un seul faisceau parabolique pour chaque nature de radiation. On reconnaît ainsi que les rayons les plus transmissibles au travers de l'aluminium sont moins déviés que ceux qui

traversent le papier noir, comme cela se produit dans le champ magnétique. Je reviendrai prochainement sur les résultats de ces expériences.

» Si la radiation considérée se propageait parallèlement aux lignes de force du champ électrique, la vitesse de propagation serait augmentée ou diminuée suivant que les masses électriques s'éloignent ou s'approchent du plateau négatif. La vitesse qui s'ajouterait à la vitesse initiale v, ou se retrancherait de celle-ci, aurait pour valeur, après un trajet de longueur l' parallèlement au champ,

$$u = \frac{eFl'}{mv} = \frac{Fl'}{H\rho},$$

ou, en introduisant la valeur de v donnée plus haut, $\frac{u}{v} = \frac{l'\delta}{l\left(\frac{l}{2}+h\right)}$.

Dans les conditions de l'expérience ci-dessus, $\frac{u}{v} = 0,04$. Ce rapport varie pour chaque radiation proportionnellement à la déviation δ.

» En combinant les valeurs de v et de $\frac{m}{e}$ avec la valeur de la charge déterminée par M. et Mme Curie (1), on peut avoir une idée de l'ordre de grandeur de l'énergie transportée par ce rayonnement.

» Des nombres donnés par M. et Mme Curie il résulte que, sous une épaisseur de $0^{cm},2$, la quantité d'électricité émise pendant une seconde par un centimètre carré de surface serait de l'ordre de 4.10^{-13} unités C.G.S. Soit N le nombre des particules électrisées, on aurait $Ne = 4.10^{-13}$. Or nous avons trouvé que $\frac{m}{e}v^2$ était de l'ordre de grandeur de $2,57 \times 10^{13}$. Multipliant par $\frac{1}{2}Ne$, on a $\frac{1}{2}Nmv^2 = 5,1$.

» Ainsi l'énergie rayonnée par un centimètre carré serait de quelques unités C. G. S. d'énergie par seconde, c'est-à-dire de quelques dix millionièmes de watt.

» Enfin on peut conclure de la valeur du rapport $\frac{m}{e} = 10^{-7}$ que cette perte d'énergie correspondrait à un déplacement de matière d'environ un milligramme en un milliard d'années.

» Ces considérations montrent que l'énergie rayonnée par les substances radio-actives peut être empruntée à la matière elle-même, sans que l'on puisse constater une diminution appréciable du poids de celle-ci. »

(1) *Comptes rendus*, t. CXXX, p. 647; 5 mars 1900.

PHYSIQUE. — *Sur les appareils en quartz fondu,* par M. **Armand Gautier.**

« A propos de la Note de M. A. Dufour, *sur un thermomètre en quartz pour hautes températures,* Note parue au dernier numéro des *Comptes rendus,* p. 775, je rappelle qu'en 1869, dans le laboratoire des Hautes Études de la Sorbonne, dont Henri Sainte-Claire Deville avait bien voulu me confier la sous-direction, je suis parvenu à obtenir, au cours de mes premières recherches sur la vitesse des combinaisons gazeuses en fonction des températures, non seulement des tubes de faible section ainsi que de petits thermomètres en quartz fondu, mais aussi de légers serpentins destinés à faire circuler les mélanges gazeux dans des tubes capillaires inaltérables que je plaçais dans des bains à température connue ([1]). Une partie de ces appareils délicats, en particulier les tubes et thermomètres à air ainsi fabriqués, ont été envoyés par moi à l'Exposition universelle de 1878 et sont restés six mois dans la vitrine collective du laboratoire de Wurtz, laboratoire où j'avais entrepris, en 1869, mes premiers essais de travail du cristal de roche ([2]).

» Depuis j'ai tenté, il y a deux ans, avec l'aide de M. Moissan que je remercie, de faire, par coulée, des tubes et autres appareils en quartz ou en fluorine fondus au four électrique, mais je n'ai pu réussir complètement.

» Il m'a paru, dans ces divers essais, que l'on peut travailler le quartz fondu comme le verre, c'est-à-dire à la canne et par soufflage, sauf à le manier dans des creusets et avec des matériaux suffisamment réfractaires. »

PHYSIOLOGIE. — *Sur la transformation de la graisse en glycogène dans l'organisme,* par MM. **Ch. Bouchard** et **A. Desgrez.**

« L'un de nous a montré ([1]) que des personnes ne recevant d'autres ingesta que les gaz atmosphériques et n'éliminant que les matières de la

---

([1]) C'est H. Gaudin qui est parvenu le premier, en 1839, à étirer le quartz en fils fins (voir *Comptes rendus,* t. VIII, p. 678 et 711).

([2]) Je mentionne la fabrication et l'usage de ces appareils dans l'*Exposé de titres* pour ma candidature à l'Académie des Sciences, p. 63 (Gauthier-Villars, éditeur à Paris, novembre 1888).

([3]) Ch. Bouchard, *Comptes rendus,* 3 octobre 1898.

perspiration cutanée et de l'exhalation pulmonaire, peuvent présenter des augmentations de poids atteignant 10^{gr}, 20^{gr} et même 40^{gr} dans l'espace d'une heure. Les augmentations réelles sont encore supérieures : les personnes en question éliminent, en effet, de la vapeur d'eau et de l'acide carbonique. Quelle est la matière empruntée à l'air et fixée dans le corps capable de produire un tel résultat ? Ce ne peut être la vapeur d'eau : l'air qui pénètre dans les poumons à une température inférieure à celle du corps et non saturé de vapeur d'eau en ressort à la température du corps et à l'état de saturation. Comme il est évident que de telles augmentations ne sauraient s'expliquer davantage par fixation d'acide carbonique ou d'azote, elles ne peuvent être rapportées qu'à une fixation de l'oxygène par l'organisme. Ce gaz ne saurait produire des variations de poids importantes ni par dissolution dans nos humeurs, ni par saturation de l'hémoglobine; il faut donc admettre qu'il s'agit de quelqu'une de ces oxydations incomplètes survenant au cours de la destruction de l'albumine, des hydrates de carbone ou des graisses. Des expériences rapportées dans le travail dont il est question ayant montré que ces variations positives du poids du corps qui s'observent si rarement, peuvent être provoquées presque à volonté chez la souris et chez le chien après une alimentation très copieuse par la graisse succédant à une période de jeûne prolongé, on était arrivé à ces conclusions que de telles variations positives du poids sont certainement dues à une oxydation incomplète de la graisse et que l'effet de cette oxydation incomplète de la graisse est vraisemblablement sa transformation en glycogène. Les expériences que nous allons rapporter ont eu pour but de juger la valeur de cette hypothèse.

» Les premières recherches que nous avons instituées en vue de vérifier la réalité de cette origine du glycogène aux dépens de la graisse, ont porté exclusivement sur le foie. Nous mettions des chiens en état d'inanition, pour épuiser la majeure partie de leur provision de glycogène. Nous leur donnions ensuite autant de graisse qu'ils voulaient bien en ingérer et, en même temps, 1^{gr} de phloridzine environ par kilogramme d'animal. L'addition de ce glucoside avait pour but de déterminer l'élimination, par la voie rénale, du sucre provenant non des hydrates de carbone qui étaient épuisés par l'inanition, mais de l'albumine élaborée ou, éventuellement, de la graisse transformée. Comme l'azote total éliminé permet de calculer l'albumine élaborée et, par suite, le sucre qu'elle a fourni dans son dédoublement, nous devions conclure à la transformation de la graisse en sucre

dans le cas où le sucre dosé dans l'urine ajouté à celui correspondant au glycogène trouvé dans le foie eût excédé celui fourni par l'albumine détruite dans le même temps. Si, au contraire, le dédoublement de l'albumine suffit à fournir, d'une part, le glycogène perdu par le rein sous forme de sucre, et, d'autre part, le glycogène restant dans le foie, au moment de la mort, on est autorisé à penser que le foie n'a pas transformé la graisse en glycogène.

» *Expérience I.* — Chien pesant 8700gr après quatre jours de jeûne. Ingère, les quatre jours suivants, 900gr de graisse de porc; élimine, sous l'influence de la phloridzine, 33gr,48 de sucre. L'azote total, dosé en même temps, est de 13gr,57 et correspond à la destruction de 91gr,43 d'albumine, c'est-à-dire à l'élaboration de 51gr,19 de sucre. L'animal est sacrifié le cinquième jour. Son foie pèse 170gr et contient 0gr,62 de glycogène (proc. Külz).

» *Expérience II.* — Chien pesant 9000gr après trois jours de jeûne. Ingère, les huit jours suivants, 910gr de graisse de porc et 190gr de viande maigre débarrassée, par ébullition avec l'eau, de ses hydrates de carbone. Élimine, sous l'influence de la phloridzine, 49gr,34 de sucre. L'azote total des urines est de 27gr,48, correspondant à la destruction de 184gr,93 d'albumine, c'est-à-dire à la production de 103gr,55 de sucre. L'animal est sacrifié le neuvième jour. Son foie pèse 185gr et contient 3gr,47 de glycogène (proc. Külz).

» Il conviendrait, pour établir des comparaisons rigoureuses, d'ajouter, d'une part, au sucre fourni par l'albumine celui provenant de la phloridzine, et, d'autre part, au sucre éliminé, celui correspondant au glycogène resté dans le foie. Comme chacun de nos animaux a ingéré 20gr environ de phloridzine, il est évident que ces corrections ne pourraient qu'accentuer les différences présentées par nos expériences entre le sucre éliminé et celui provenant de l'albumine élaborée. La graisse ingérée n'a donc pas enrichi le foie en glycogène ([1]). On peut objecter que les chiens mis en expérience ne sont pas restés dans l'état de repos absolu et ont pu consommer une quantité de sucre indéterminée. Mais on sait que, chez les chiens nourris à la viande et non à la graisse et chez lesquels le travail musculaire n'est pas supprimé, l'urine, après action de la phloridzine, renferme 0,488 de sucre par gramme d'albumine détruite, ce qui, pour nos deux expériences, donnerait 44gr,62 et 78gr,95 de sucre, chiffres supérieurs à ceux que nous avons trouvés. Cela encore prouve que la graisse ne concourt pas à la formation du sucre dans le foie.

([1]) MM. Kumagawa et R. Miura ont publié récemment des expériences analogues qui les ont conduits aux mêmes résultats (*Arch. f. Physiol.*, p. 431-454).

» Les expériences plus générales que nous allons maintenant rapporter permettent, d'ailleurs, de lever d'une façon absolue l'objection posée plus haut et démontrent que si le foie met notre théorie en défaut en ne transformant pas la graisse en glycogène, il n'en est pas de même des résultats fournis par les muscles.

» Ces nouvelles expériences ont été également faites sur le chien. Nous avons d'abord déterminé la quantité de glycogène contenue dans le foie et les muscles d'un chien soumis à une alimentation mixte, composée de pommes de terre et de viande. Nous avons ensuite institué deux séries d'expériences comparatives sur des chiens soumis à une inanition de deux, trois et quatre jours, ceux de la première série jouant le rôle de témoins, ceux de la seconde ingérant, sous forme de gras de lard séparé avec soin des parties maigres, une quantité de graisse variant entre 300^{gr} et 1100^{gr}. Tous ces animaux furent sacrifiés par hémorragie (artère fémorale) et les dosages de glycogène immédiatement pratiqués sur une portion d'organe (40^{gr} à 50^{gr} de foie ou de muscle de la cuisse).

» *Dosages.* — Dans le plus grand nombre des expériences, on a effectué les dosages de glycogène par la méthode de Fraenkel modifiée par Garnier. Pour six expériences, on a employé, comparativement, la méthode de Brücke-Külz. Pour les deux dernières, enfin, on a eu recours au procédé récemment publié par le professeur Gautier. Relativement à la méthode de Fraenkel, nous croyons devoir compléter, au point de vue pratique, les indications si utiles données par Garnier ([1]). Nous avons observé, en effet : 1° qu'il est indispensable de filtrer les liquides réunis, avant le traitement par l'alcool, sur un double filtre *Berzélius-Suédois*, c'est-à-dire de tissu très serré, pour éviter le passage de petits grains de silice provenant de la trituration des organes avec le sable quartzeux; 2° qu'il faut employer un sable soigneusement lavé, pour éviter la présence d'un peu de sel de chaux qui se précipiterait, en présence de l'alcool concentré, et fausserait les résultats. Nous croyons, en outre, nécessaire de recourir au procédé de Brücke-Külz ou à celui de Gautier pour les dosages de glycogène dans le muscle. Tandis que le foie, en effet, comme l'établit Garnier, n'abandonne qu'une trace insignifiante de matière azotée à l'acide trichloracétique, le muscle, au contraire, donne, par ce procédé, un glycogène pouvant contenir une proportion d'azote (0,96 pour 100) qui est loin

([1]) *Journ. de Physiol. et de Path. gén.*, 15 mars 1899.

d'être négligeable. C'est faute d'avoir connu ces causes d'erreur à temps que nous avons dû doser l'azote et les cendres d'un certain nombre de nos échantillons de glycogène et faire subir à nos premiers résultats les corrections nécessaires.

» *Expériences et résultats.* — Nous présentons le détail de nos expériences sous forme de Tableaux, pour faciliter les comparaisons.

I. — *Chiens consommant une alimentation mixte (pommes de terre et viande).*

Numéro des expériences.	Poids du chien.	Poids du foie.	Glycogène en grammes par kilogramme de foie.	Glycogène en grammes par kilogramme de muscles.
	kg	gr	gr	gr
1...........	6,100	295	71,20	3,70
2...........	7,300	315	61,40	4,70

» La moyenne du glycogène, pour les chiens soumis à un régime mixte, est donc de 66^{gr},30 par kilogramme de foie et de 4^{gr},20 par kilogramme de muscles.

II. — *Chiens soumis à l'inanition, ne recevant que de l'eau.*

Numéro des expériences.	Durée de l'inanition.	Poids du chien.	Poids du foie.	Glycogène par kilogramme de foie.	Glycogène par kilogramme de muscles.
	jours.	kg	gr	gr	gr
1.......	2	7,200	192	3,14	1,43
2.......	3	8,500	230	4,40	2,05
3.......	3	14,560	365	3,16	2,16
4.......	4	9,200	210	2,30	1,00
5.......	4	9,250	195	0,75	2,36
6.......	4	9,250	205	2,08	2,35
7.......	4½	8,850	220	»	3,60
8.......	5½	11,100	230	»	3,36
9.......	5	12,600	380	1,96	2,34

» La moyenne du glycogène, pour les chiens soumis à l'inanition, est donc de 2^{gr},54 par kilogramme de foie, et de 2^{gr},29 par kilogramme de muscles.

III. — *Chiens soumis au régime de la graisse, à la suite de l'inanition.*

Numéro des expériences.	Durée de l'inanition.	Graisse ingérée.		Poids		Glycogène	
				du chien.	du foie.	par kilogramme de foie.	par kilogramme de muscles.
	jours	gr	en h	kg	gr	gr	gr
1....	3	950	36	10,550	310	2,30	4,90
2....	4	930	48	13,300	310	1,28	2,55
3....	4	540	30	11,340	330	2,17	1,98
4....	4	500	36	8,400	190	4,10	4,56
5....	3	450	36	8,120	254	1,13	1,55
6....	3	220	20	4,900	105	1,75	3,14
7....	2	480	48	11,300	»	4,15	1,39
8....	3	440	48	10,500	255	1,55	7,50
9....	4	370	7	4,120	155	0,78	0,85
10....	3	1100	72	17,100	390	0,20	3,58
11....	3	395	48	8,550	245	0,36	1,44
12....	4 ½	480	48	9,400	205	0,34	4,20
13....	5 ½	760	96	14,300	365	0,51	2,38
14....	8	500	48	»	»	2,85	4,62
15....	5	500	24	11,100	355	1,64	2,41

» La moyenne du glycogène, pour les chiens soumis au régime exclusif de la graisse, à la suite de l'inanition, est de 1gr,67 par kilogramme de foie et de 3gr,13 par kilogramme de muscles ([1]).

» *Conclusions.* — Ainsi, si l'inanition fait tomber le glycogène d'un kilo-

([1]) Nous maintenons la réalité de l'oxydation incomplète de la graisse quand elle passe à l'état de glycogène dans les muscles. Il est possible assurément que la graisse dédoublée fournisse du glycogène par transformation de la glycérine, ce qui supposerait que le glycogène formé soit inférieur au dixième de la graisse ingérée. Dans les dix-neuf expériences du Tableau III, la moyenne du glycogène musculaire, après alimentation par la graisse, a été de 3gr,13 par kilogramme de muscle, ce qui donne 1gr,05 de glycogène musculaire par kilogramme corporel. Des expériences du Tableau II, on déduit que la moyenne du glycogène musculaire dans l'inanition est 2gr,29 par kilogramme de muscle et de 0gr,76 par kilogramme corporel. La graisse enrichit donc le kilogramme corporel de 1,05 — 0,76 = 0gr,29 de glycogène, dont la formation suppose l'élaboration de 2gr,90 de graisse si c'est par la glycérine que cette graisse a produit ce glycogène. Or ces chiens avaient ingéré par kilogramme des quantités incomparablement plus grandes de graisse, 56gr en moyenne.

Mais, si la formation du glycogène musculaire par la glycérine est admissible, au point de vue chimique, elle n'expliquerait pas les augmentations du poids du corps qui supposent nécessairement l'oxydation incomplète.

gramme de foie de $66^{gr},30$ à $2^{gr},54$, l'alimentation copieuse par la graisse succédant à l'inanition abaisse encore le chiffre du glycogène à $1^{gr},67$, comme si l'inanition continuait. La graisse n'augmente donc pas le glycogène du foie.

» Mais si l'inanition fait tomber le glycogène d'un kilogramme de muscle de $4^{gr},20$ à $2^{gr},29$, l'alimentation copieuse par la graisse succédant à l'inanition relève le chiffre du glycogène musculaire à $3^{gr},13$. La graisse est donc une source du glycogène musculaire.

» Il n'est pas contestable que le foie fait du glycogène avec l'albumine et avec certains hydrates de carbone. Il ne paraît pas qu'il en fasse avec la graisse neutre.

» Le glycogène hépatique livre au sang du sucre dont une partie peut se fixer dans les muscles à l'état de glycogène.

» Le glycogène musculaire se transforme en acide lactique ou se brûle. Il ne se transforme pas en sucre dans l'économie et ne peut, par conséquent, pas restituer de glycogène au foie. Mais le foie, par l'intermédiaire du sucre sanguin, peut fournir au muscle une partie de son glycogène. En effet, l'alimentation mixte qui enrichit le foie en glycogène rend le glycogène musculaire un peu plus abondant que ne le fait l'alimentation exclusive par la graisse, même si elle est très copieuse.

» En résumé, tandis que le glycogène hépatique provient des hydrates de carbone alimentaires et de la destruction de l'albumine, le glycogène musculaire provient essentiellement de l'oxydation incomplète de la graisse et accessoirement du sucre sanguin.

» Il reste à savoir quel est le procédé instrumental de l'oxydation incomplète de la graisse et de sa transformation en glycogène au profit du muscle. »

NOMINATIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à la nomination d'un Correspondant pour la Section de Physique, en remplacement de M. *Wiedemann*.

Au premier tour de scrutin, le nombre des votants étant 41,

M. Hittorf obtient. . . . . 41 suffrages;

M. **Hittorf**, ayant obtenu l'unanimité des suffrages, est proclamé élu.

CORRESPONDANCE.

M. **Verbeck** adresse des remercîments à l'Académie pour la distinction dont ses travaux ont été l'objet dans la Séance annuelle du 18 décembre 1899.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Un Ouvrage ayant pour titre : « Précis historique, descriptif et photomicrographique des végétaux propres à la fabrication de la cellulose et du papier »; avec 50 Planches en photocollographie, par MM. *Léon Rostaing, Marcel Rostaing* et *Fleury Percie du Sert* (présenté par M. Lemoine).

M. le **Ministre des Affaires étrangères** transmet à l'Académie une Lettre relative aux perturbations géologiques de Java, qui lui a été adressée par le Consul de France à Batavia. (Extrait.)

Batavia, le 8 février 1900.

« Le tremblement de terre qui a eu lieu dans la nuit du 29 au 30 septembre 1899 ne semble pas s'être limité aux Moluques; de fortes secousses se sont fait sentir à Java. Le centre de cette perturbation géologique paraît être la régence des Preangers, et, notamment Soekaboemi, ville importante située sur un des contreforts immédiats du volcan *Gedeh*. Les oscillations terrestres ont été ressenties jusqu'à Bandoeng, Garoet et même Batavia. Depuis plus d'un mois, les secousses sont journalières et ont entraîné des dégâts. On redoute une forte éruption du *Gedeh*.

» On constate en même temps à Java une sérieuse perturbation atmosphérique. La saison des pluies 1899-1900 est fort anodine et la quantité d'eau tombée sur les régions côtières est insignifiante comparativement aux années précédentes. »

GÉOMÉTRIE. — *Sur les surfaces dont les lignes de courbure d'un système sont égales*. Note de M. **A. Demoulin**, présentée par M. Darboux.

« Dans une Note récente (*Comptes rendus*, séance du 19 février 1900), M. Bricard s'est proposé de déterminer toutes les surfaces dont les lignes de courbure d'un système sont égales, et il a été conduit à la propriété suivante : *Lorsque la courbe génératrice* Γ *est plane, ses différentes développées sont des courbes* C_l. Nous désignons, avec M. Bricard, d'une manière générale, par la notation C_l, toute courbe dont les tangentes appartiennent à un complexe linéaire.

» Nous démontrerons plus bas que, dès qu'une des développées d'une courbe plane est une courbe C_l, toutes les développées de cette courbe jouissent de la même propriété. Pour obtenir la courbe Γ la plus générale, il suffira donc de déterminer la courbe H, la plus générale, qui est à la fois une hélice et une courbe C_l; la courbe Γ sera une trajectoire orthogonale des génératrices de la développable dont la courbe H est l'arête de rebroussement. Supposons, ce qui est permis, que les diamètres du complexe linéaire qui renferme les tangentes de H ne soient pas isotropes. Soient Oz l'axe central de ce complexe et Ox, Oy deux axes formant avec le premier un trièdre trirectangle. Toute courbe C dont les tangentes appartiennent au complexe satisfait à l'équation bien connue $k\,dz = x\,dy - y\,dx$. Si l'on prend sur Oz un point S à une distance k de l'origine et que, par ce point, on mène des parallèles aux binormales de la courbe C, le cône ainsi formé coupera le plan des xy suivant une courbe C_0 égale à la projection de C sur le même plan. En particulier, pour la courbe H, ce cône sera de révolution et la courbe C_0 sera une courbe du second ordre. Il résulte de là que la courbe H est tracée sur un cylindre du second ordre. Une quadrature donnera au moyen de l'équation ci-dessus la coordonnée z de cette courbe.

» On peut également déterminer la courbe Γ par la méthode suivante qui permettra, en outre, de définir le déplacement continu qu'il faut imprimer à cette courbe pour engendrer la surface cherchée. Prenons comme plan des xy le plan de la courbe Γ et soit

$$A_0\alpha + B_0\beta + C_0\gamma + P_0\lambda + Q_0\mu + R_0\nu = 0$$

l'équation du complexe linéaire qui renferme les tangentes d'une de ses développées. Une quelconque de ces tangentes fait avec le plan des xy un angle constant θ_0 et a pour coordonnées $\alpha = -dy$, $\beta = dx$, $\gamma = \frac{ds}{h_0}$, $\lambda = y h_0\,ds$, $\mu = -x h_0\,ds$, $\nu = x\,dx + y\,dy$. Dans ces formules, où l'on a posé $h_0 = \cot\theta_0$, x et y désignent les coordonnées du point où la tangente rencontre Γ, et s est l'arc de cette courbe. La courbe Γ est donc définie par l'équation

$$A_0\,dy + B_0\,dx + \frac{C_0}{h_0}ds + \frac{P_0}{h_0}y\,ds - \frac{Q_0}{h_0}x\,ds + R_0(x\,dx + y\,dy) = 0,$$

c'est-à-dire par une équation de la forme

$$(1)\qquad A\,dy + B\,dx + C\,ds + Py\,ds + Qx\,ds + R(x\,dx + y\,dy) = 0.$$

» Toutes les développées de Γ sont des courbes C_l, et si les tangentes de

l'une d'elles font avec le plan des xy un angle θ tel que $\cot\theta = h$, elles appartiennent au complexe

$$(2) \qquad A\alpha + B\beta + R\nu + h(C\gamma + P\lambda - Q\mu) = 0.$$

» Si l'on définit la courbe Γ comme l'enveloppe de la droite

$$x\sin\theta - y\cos\theta = \varphi(\theta),$$

l'équation (1) deviendra

$$(3) \qquad \begin{cases} A\sin\theta + B\cos\theta + C + P(-\varphi\cos\theta + \varphi'\sin\theta) \\ \qquad + Q(\varphi\sin\theta + \varphi'\cos\theta) + R\varphi' = 0. \end{cases}$$

» L'équation (2) définit un faisceau de complexes dont les complexes spéciaux ont pour équation $A\alpha + B\beta + R\nu = 0$, $C\gamma + P\lambda - Q\mu = 0$. Les axes centraux de ces complexes sont : 1° une droite Δ parallèle à oz; 2° une droite Δ' située dans le plan des xy.

» Afin de simplifier l'équation (3) nous distinguerons deux cas :

» *Premier cas :* $R \pm 0$. — Alors si Δ' n'est pas isotrope, par un choix convenable des axes, on peut annuler A, B, P et l'équation (3) devient

$$\varphi'(R + Q\cos\theta) + \varphi Q\sin\theta + C = 0.$$

Si Q est nul, Γ est une développante de cercle; si $Q = \pm R$, Γ est algébrique et du quatrième ordre; si Q^2 est différent de R^2, Γ est transcendante. Lorsque Δ' est isotrope, la réduction ci-dessus n'est plus possible.

» *Deuxième cas :* $R = 0$. — Δ est rejetée à l'infini. Si $A^2 + B^2$ n'est pas nul, on peut annuler B et C. Si, en outre, $P^2 + Q^2$ n'est pas nul, Γ est une tractrice ou une courbe parallèle à une tractrice. Si $P^2 + Q^2 = 0$, l'équation (3) devient $A\sin\theta + y + ix = 0$. Lorsque $A^2 + B^2 = 0$, la réduction précédente n'est plus possible.

» Une troisième méthode de détermination des courbes Γ repose sur la considération de leurs développées isotropes. La courbe Γ la plus générale est la section par un plan quelconque de la développable la plus générale dont l'arête de rebroussement est une courbe minima appartenant par ses tangentes à un complexe linéaire. Il y a deux courbes satisfaisant à cette double condition : une hélice minima tracée sur un cylindre de révolution et la cubique gauche minima. Cette dernière correspond au cas où les diamètres du complexe linéaire sont isotropes.

» Le problème étudié par M. Bricard a déjà été traité par MM. Hazzidakis (*Journal de Crelle*, t. 98) et Caronnet (*Comptes rendus*, séance du 11 décembre 1893). Pour obtenir toutes les solutions du problème, il

faut ajouter aux solutions précédentes le cas où la courbe Γ serait un cercle. La surface correspondante est l'enveloppe d'une sphère dont le centre décrit une courbe arbitraire et dont le rayon égale $\sqrt{a^2+s^2}$, s désignant l'arc de la courbe. Ce cas, signalé par M. Hazzidakis, correspond à une hypothèse non examinée par M. Bricard : celle où toutes les développées de Γ se réduiraient à des points.

» Je rappellerai enfin que M. Darboux (*Leçons sur la théorie des surfaces*, IVe Partie) a expliqué les résultats obtenus par MM. Hazzidakis et Caronnet en les rattachant à la génération que nous lui devons de toutes les surfaces dont les lignes de courbure sont planes dans un système. Il résulte de cette méthode que les courbes Γ sont les sections planes de la développable isotrope la plus générale qui ne cesse de coïncider avec elle-même lorsqu'on lui imprime un déplacement continu convenablement choisi. A la développable dont l'arête de rebroussement est une hélice tracée sur un cylindre de révolution, il convient d'ajouter celle dont l'arête de rebroussement est la cubique gauche minima dont il a été qustion plus haut. Le cas où cette développable serait une sphère de rayon nul conduit aux surfaces lieux de cercles obtenus par M. Hazzidakis. »

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Remarque relative à une Note de M.* A. Korn : « *Sur la méthode de Neumann et le problème de Dirichlet* ». Note de M. **W. Stekloff**, présentée par M. Émile Picard.

« Je me permets de faire quelques observations relatives à la Note récente de M. A. Korn : « Sur la méthode de Neumann, etc. » (*Comptes rendus*, 26 février 1900).

» Il faut remarquer avant tout que les recherches de ma Note du 12 février 1900 sont de simples conséquences de celles de ma Note : « Sur les problèmes fondamentaux de la Physique mathématique » que j'ai publiée il y a un an aux *Comptes rendus* (6 mars 1899).

» Je regrette de n'avoir pas cité dans ma Note récente (12 février 1900) l'Ouvrage de M. A. Korn : *Die Potentialtheorie* (paru, si je ne me trompe pas, en été 1899), parce qu'en effet la démonstration de l'inégalité fondamentale

$$W_j \leqq a A^j \text{ (}^1\text{)},$$

(1) J'emploie les notations de M. A. Korn sans les expliquer (Voir A. Korn : *Die Potentialtheorie*, p. 267; Berlin, 1899).

proposée par M. A. Korn, est analogue à celle que j'ai donnée pour l'inégalité

$$V_k < K\lambda^k$$

dans ma Note du 6 mars 1899.

» Ma démonstration est seulement plus simple que celle de M. A. Korn. Je dois remarquer cependant que le reste de la démonstration de la méthode de Neumann, fondée sur l'inégalité

$$|\rho_k| < M\sigma^k \text{ (}^2\text{)}$$

et exposée dans ma Note : « Sur la méthode de Neumann et le problème de Dirichlet », est différent de celle de M. A. Korn, comme le lecteur peut s'en convaincre sans peine, en comparant les raisonnements de ma Note, tout à l'heure mentionnée, avec ceux de M. A. Korn (*Die Potentialtheorie*, p. 270, § 7).

» Il me semble que M. A. Korn ignore ma Note du 6 mars 1899. A la fin de sa Note citée il dit que la condition 4° est une simple conséquence de l'existence de la transformation de M. Poincaré et de deux premières dérivées de la fonction donnée f.

» Dans ma Note du 6 mars 1899 j'ai déjà indiqué moi-même que la condition 4° est une conséquence de l'existence de la transformation de M. Poincaré.

» J'ai remplacé à dessein cette dernière condition par la condition 4°, parce que je voulais faire observer que la solution complète de tous les problèmes fondamentaux de la Physique mathématique se ramène à la démonstration du théorème fondamental pour les surfaces satisfaisant aux conditions 1°, 2°, 3° de ma Note du 12 février 1900.

» Je crois qu'on peut démontrer ce théorème indépendamment de la transformation de M. Poincaré, bien que je n'aie pas réussi à le démontrer en toute rigueur en ce moment.

» De la dernière remarque de M. A. Korn on peut enfin conclure que la condition 4° dépend de la supposition de l'existence de deux premières dérivées de la fonction f.

» Mais une telle conclusion n'est pas juste; dans mes recherches (¹), j'attire l'attention particulière sur ce point : *la condition 4° n'exige que la supposition de la seule continuité de la fonction donnée f sur la surface.* »

(¹) J'ai démontré cette inégalité dans ma Note du 6 mars 1899 en rapprochant mes recherches avec celles de M. Liapounoff.

PHYSIQUE. — *Sur la liquéfaction des mélanges gazeux anhydride carbonique et anhydride sulfureux.* Note de M. F. CAUBET [1].

« J'ai eu déjà l'honneur de communiquer à l'Académie des Sciences [2] un sommaire des résultats généraux relatifs à la liquéfaction de mélanges d'anhydride carbonique et de chlorure de méthyle : cette Note renferme les mêmes données pour des mélanges d'anhydride carbonique et d'anhydride sulfureux.

» Les *lignes limites* représentées sur la figure correspondent aux compositions suivantes en volumes :

Numéros.	CO^2.	SO^2.
1	0,9268	0,0732
2	0,8871	0,1129
3	0,7458	0,2542
4	0,6213	0,3787
5	0,4937	0,5063
6	0,3745	0,6255
7	0,2505	0,7495
8	0,1250	0,8750

» L'examen comparatif des deux graphiques montre que les conclusions sont analogues.

» La *condensation rétrograde* se produit encore pour une composition quelconque, et la région d'observation la plus favorable occupe la même place dans les deux cas.

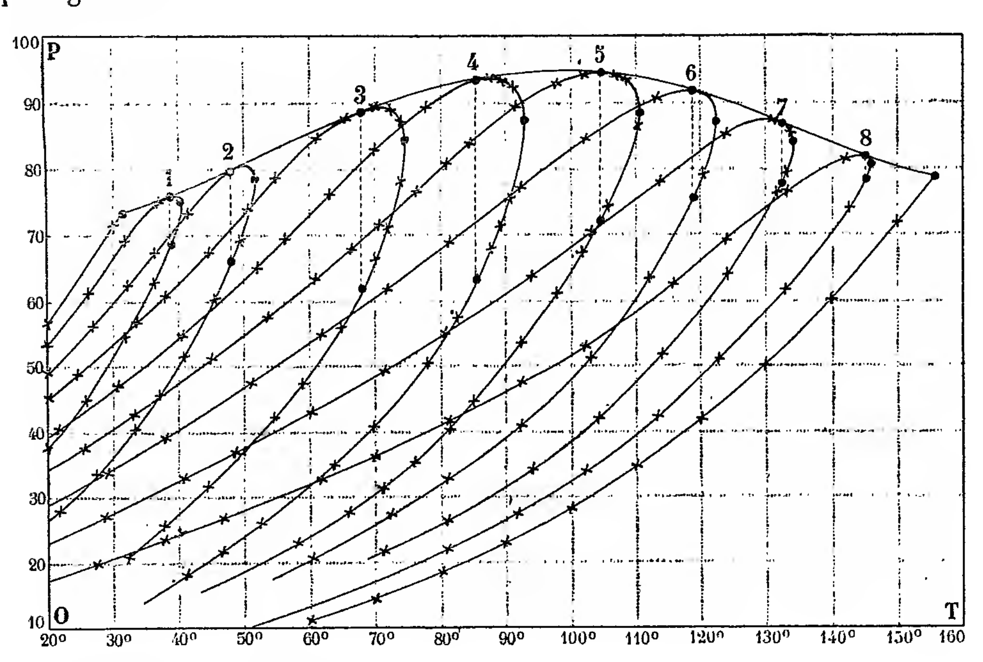
» Signalons, cependant, quelques différences : l'écart de pression qui se présentait, pour le premier groupe de gaz, entre les *lignes d'ébullition* 6 et 7 ne se reproduit pas pour le second groupe, et les *lignes d'ébullition*, comme les *lignes de rosée*, s'espacent régulièrement.

» Dans la région la plus favorable, la condensation rétrograde s'observe entre des limites plus larges de température et de pression : ces limites comprennent 7° et 30^{atm}.

(1) Travail fait au laboratoire de Physique théorique, Faculté des Sciences Bordeaux.

(2) *Comptes rendus*, séance du 22 janvier 1900.

» Le rapport du volume maximum du liquide au volume total est aussi plus grand.



» *Exemple.* — Ligne limite : n° 4.

» Température critique : 86°.

Condensation rétrograde.	Rapport du volume maximum du liquide au volume total.
88°	0,200
89,5	0,117
91	0,075
Point d'abscisse maximum	92°,63

» Le groupe $CO^2 - SO^2$ se prête plus aisément à l'étude de la *condensation rétrograde* que le groupe $CO^2 - CH^3Cl$.

» Pour ce second groupe, comme pour le premier, j'ai construit plus de soixantes isothermes complètes. »

PHYSICO-CHIMIE. — *Réactions chimiques limitées dans les systèmes homogènes. Lois des modules.* Note de M. A. **Ponsot**, présentée par M. Lippmann.

« I. Soit un mélange gazeux S de corps entre lesquels se produit une réaction chimique limitée; on peut supposer que d'autres corps ne prenant part à aucune réaction existent aussi dans le mélange. La pression et la

température étant maintenues invariables, le mélange reste homogène.

» V étant le volume de ce mélange, F sa force élastique; dans une variation de pression, les masses des composants étant invariables, le potentiel thermodynamique que j'ai considéré (*Comptes rendus*, 17 janvier 1898) varie de VdF, sa valeur est $\int_0^F VdF$.

» D'après un raisonnement analogue à celui qui est donné dans ma dernière Note, S_e étant le malange gazeux en équilibre, si l'on considère sa courbe de détente isothermique, elle doit être telle qu'en chaque point $\frac{\partial V}{\partial a} = 0$, a étant le nombre d'équivalents d'un des corps réagissants; et :

» *L'équilibre est indépendant de la pression, de la présence de corps étrangers et de la nature de ces derniers.*

» De plus, S_2 étant une modification spontanée de S_1, pour chaque pression F_1 $\int_0^F V_1 dF > \int_0^F V_2 dF$, et, par suite, $V_1 > V_2$. La supposition qu'on pourrait faire de la rencontre des courbes de détente conduirait à des conséquences inadmissibles; d'où :

» *L'équilibre étant établi sous pression constante, le volume est minimum.*

» On peut revenir au volume primitif par une diminution de pression.

» *A l'équilibre établi sous volume constant la pression est minimum.*

» Ces conclusions peuvent être démontrées d'une manière analogue dans le cas d'un mélange homogène liquide.

» Dans les expériences de M. Berthelot sur l'éthérification avec l'acide acétique et l'alcool chauffés à 180° soit seuls, soit dilués dans l'acétone ou l'éther, l'équilibre s'est établi avec la même proportion d'acide éthérifié : la pression n'était sans doute pas la même dans les trois cas.

» Si nous considérons deux corps 1 et 2, deux sels, par exemple, donnant par échange des bases et des acides les sels 3 et 4; ces sels étant dissous dans l'eau et celle-ci n'exerçant aucune action chimique sur eux, l'équilibre conduit à un volume minimum de la solution; ceci a été vérifié par M. Nicol.

» II. *Lois des modules.* — *a.* $\frac{\partial V}{\partial m_1}$ étant le coefficient d'accroissement du volume d'une telle solution par l'addition, sans action chimique de dm_1 équivalents du corps 1; m_1, m_2, m_3, m_4 étant les nombres d'équivalents des corps en réaction, on a, à l'équilibre,

$$\frac{\partial V}{\partial m_1} + \frac{\partial V}{\partial m_2} = \frac{\partial V}{\partial m_3} + \frac{\partial V}{\partial m_4}.$$

» A la limite extrême de dilution, chacun de ces coefficients a la même valeur que dans le cas où le sel est ajouté à l'eau pure : cette relation est donc applicable aux coefficients d'addition limites de chaque sel dans l'eau.

» A et B étant les symboles des radicaux de 1,

» C et D » 2,

» (AB) étant le coefficient d'addition du sel 1, on a

$$(AB)+(CD)=(AD)+(BC),$$

de même

$$(AB)+(CD')=(AD')+(BC),$$

d'où

$$(CD)-(CD')=(AD)=(AD'),$$

ce qui signifie que la variation du coefficient d'addition par la substitution de D' à D est indépendante du radical auquel ils se combinent.

» *b*. Au lieu de $\frac{\partial V}{\partial a}=0$, j'aurais pu considérer $\frac{\partial D}{\partial a}=0$, D étant la densité de la solution (je dois supposer ici une quantité finie de dissolvant); j'aurais conclu :

» La variation du coefficient limite d'accroissement de la densité dans la substitution d'un radical à un autre est indépendante du radical auquel ils sont combinés. Chaque radical est donc caractérisé par un coefficient qui lui est propre.

» La connaissance du coefficient d'un radical amènerait celle des coefficients de tous les radicaux. A défaut de cette connaissance, on a donné, pour chaque radical, la différence entre son coefficient et celui qui caractérise soit le chlore, soit l'ammonium : c'est son *module de densité* (Valson).

» *c*. J'ai démontré, dans ma dernière Note, qu'à l'équilibre la tension de vapeur du dissolvant avait une valeur maximum et la pression osmotique une valeur minimum.

$$\frac{\partial f}{\partial m_1}+\frac{\partial f}{\partial m_2}=\frac{\partial f}{\partial m_3}+\frac{\partial f}{\partial m_4}.$$

» Je pourrais établir, comme précédemment, que chaque radical est caractérisé (pour une masse donnée du dissolvant) par un *module de tension de vapeur, de pression osmotique*. D'après les relations qu'on connaît, il possède encore un *module d'abaissement du point de congélation, d'élévation du point d'ébullition du dissolvant*.

» Ici, les modules, expérimentaux ou hypothétiques, qu'on connaît ne sont pas, comme pour les densités, des différences de coefficients, mais ces coefficients eux-mêmes.

» *d.* De ce que $\frac{\partial V}{\partial a}$ est négatif, quelle que soit la pression, quand on se rapproche de l'équilibre, puis $= 0$ à l'équilibre, on en conclut que le coefficient de compressibilité ne change pas dans une modification élémentaire de l'équilibre ; on peut donc considérer des *modules de compressibilité :* l'expérience n'en a donné aucun jusqu'ici.

» *e.* D'après les données précédentes sur la tension de vapeur, la densité, le coefficient de compressibilité, on conçoit que la hauteur d'ascension d'une solution dans un tube capillaire de section invariable atteigne une valeur minimum lorsque l'équilibre chimique est atteint : de là l'existence de *modules de capillarité.*

» *f.* On sait que les lois des modules ont été trouvées expérimentalement avec les dissolutions salines : ces lois ont conduit à l'hypothèse de la dissociation des sels en leurs ions ou radicaux, dans leurs dissolutions aqueuses. Je les ai établies en admettant au contraire que les sels ne présentent aucune dissociation, de telle sorte qu'il existe entre eux un équilibre indépendant de la dilution. J'ai choisi cet exemple, comme étant le mieux connu : les lois des modules sont plus générales.

» On peut dire que, quand une grandeur concernant un mélange homogène liquide ou gazeux passe par un maximum ou un minimum lorsque l'équilibre chimique s'établit, elle peut donner lieu à la considération de modules limites appartenant aux atomes ou aux groupes d'atomes qui se substituent l'un à l'autre : il suffit que la dérivée de cette grandeur par rapport au nombre d'équivalents d'un des constituants en réaction soit finie.

» Il serait maintenant intéressant de chercher s'il y a une relation entre les modules divers d'un même radical, comment chacun de ces modules varie par la pression, la température et le changement de dissolvant. »

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur le séléniure de zinc et son dimorphisme.* Note de M. **Fonzes-Diacon**, présentée par M. Henri Moissan.

« En faisant réagir des vapeurs de sélénium sur du zinc porté à haute température, M. Margottet a obtenu du séléniure de zinc amorphe, qui, fortement chauffé dans un courant d'hydrogène, a donné naissance à de longues aiguilles, jaunes par réflexion, rouges par transparence, présentant des faces nettes dépourvues de stries et dérivant du système cubique.

» La blende cristallisant, suivant les circonstances, dans le système hexagonal ou le système cubique, j'ai cherché à préparer du séléniure de

zinc hexagonal, ce qui établirait, pour ce corps, un dimorphisme analogue à celui du sulfure de zinc.

» En faisant réagir sur du chlorure de zinc réduit en vapeurs un mélange d'azote et d'hydrogène sélénié, j'ai obtenu de beaux cristaux, jaunes par réflexion, verdâtres par transparence, en longues aiguilles rhomboédriques portant latéralement des prismes hexagonaux hémimorphes, ou rhomboèdres isolés présentant des faces striées parallèlement et agissant fortement sur la lumière polarisée.

» Ces cristaux répondent à la formule SeZn; ils appartiennent, comme la würtzite, au système hexagonal.

» J'ai essayé également de préparer du séléniure de zinc cristallisé à la haute température du four électrique en chauffant, dans un four à tube, un mélange d'une molécule de séléniate de zinc pour quatre de charbon; la paroi du tube s'est tapissée de séléniure de zinc amorphe présentant quelques croûtes cristallines peu nettes.

» J'ai chauffé alors du séléniure de zinc précipité et desséché dans l'hydrogène, dans un creuset de charbon placé au-dessus de l'arc électrique, à la température d'un arc de 80 volts et 140 ampères, pendant dix minutes.

» Après l'opération, le creuset renferme une masse fondue, cristallisée à la surface, présentant des parties jaune d'or, d'autres d'un beau rouge; cette dernière coloration est due à un léger excès de sélénium provenant d'un commencement de dissociation et que l'on peut chasser en chauffant les cristaux pulvérisés dans un courant d'azote.

» Les cristaux ne sont pas suffisamment nets pour qu'on puisse déterminer le système cristallin auquel ils appartiennent; toutefois ils n'agissent pas sur la lumière polarisée : leur densité, 5,42 à 15°, est très voisine de celle des cristaux de M. Margottet (5,40).

» J'ai pu également obtenir du séléniure de zinc, cristallisé en longues aiguilles enchevêtrées, verdâtres, en réduisant du séléniate de zinc par l'hydrogène, dans un tube de porcelaine chauffé au rouge blanc. Il y a d'abord formation de sélénite de zinc; celui-ci se dissocie partiellement en donnant de l'anhydride sélénieux qui se condense dans les parties froides, et, si la température est suffisamment élevée, il se forme, à l'extrémité des nacelles, des houppes de longues aiguilles de séléniure de zinc; ces aiguilles, en partie fondues, paraissent être constituées par des rhomboïdes allongés.

» Le séléniure de zinc cristallisé se dissout dans l'acide chlorhydrique fumant avec dégagement de SeH^2. L'acide chlorhydrique gazeux est à peu

près sans action sur lui, même à haute température; le chlore en déplace le Se; il brûle dans l'oxygène en donnant un sélénite basique et de l'anhydride sélénieux qui se sublime.

» En résumé :

» 1° J'ai préparé du séléniure de zinc cristallisé par l'action de l'hydrogène sélénié sur le chlorure de zinc, par la réduction du séléniate de zinc sous l'influence du charbon et de l'hydrogène, et par la fusion au four électrique du séléniure de zinc précipité;

» 2° J'ai obtenu un séléniure de zinc hexagonal constituant la forme dimorphe du séléniure cubique préparé par M. Margottet.

» Par une méthode semblable j'ai obtenu du séléniure de cadmium cristallisé dans le système hexagonal dont l'étude fera l'objet d'une prochaine Note. »

THERMOCHIMIE. — *Sur les peroxydes de baryum hydratés.* Note rectificative de M. de **Forcrand**.

« Dans ma dernière Communication (séance du 19 mars 1900) sur les peroxydes de baryum hydratés, j'avais basé tous mes calculs sur une donnée manifestement inexacte par erreur de signe :

$$BaO, 9H^2O + \text{eau} = +14^{Cal},1,$$

alors que cette réaction est *endothermique*. Le résumé de mes expériences doit être remplacé par le suivant (¹) :

» I. *Action de* $\frac{1}{2}H^2O^2$ (2^{lit}) *sur* BaO (12^{lit}). — État final obtenu dans le calorimètre :

$$0,55\,BaO^{1,905} \text{ précipité} + 0,45\,BaO^{1,008} \text{ dissous},$$

d'après l'analyse du liquide filtré aussitôt après.

» Chaleur dégagée : $+13^{Cal},264$; soit, après correction, $+25^{Cal},113$ pour la formation de BaO^2 hydraté précipité pur.

» La différence avec $+28^{Cal},220$ (²) donnerait $+3^{Cal},107$. J'ai trouvé directement $+3^{Cal},239$ pour l'action de H^2Cl^2 dissous sur ce précipité.

(¹) Dans la *Thermochimie* de M. Berthelot (t. II, p. 248, ligne 8), *il faut lire*

$BaO, 9H^2O + \text{eau} \ldots\ldots \quad -14,1$ *et non pas* $+14,1$.

(²) Chaleur de neutralisation de BaO dissoute par H^2Cl^2 dissous, déterminée directement dans les mêmes conditions d'expérience et de dilution.

» II. *Action de* H^2O^2 (3^{lit}) *sur* BaO (12^{lit}) :

$$0{,}935\,BaO^{1,911} \text{ précipité} + 0{,}065\,BaO^{2,7} \text{ dissous.}$$

» Chaleur dégagée $+23^{Cal},694$; soit, après correction, $+25^{Cal},497$ pour BaO^2 hydraté précipité pur. L'action de H^2Cl^2 dissous devrait donner $+2,723$. J'ai trouvé $+2^{Cal},806$.

» III. *Action de* $2H^2O^2$ (6^{lit}) *sur* BaO (12^{lit}) :

$$0{,}845\,BaO^{1,929} \text{ précipité} + 0{,}155\,BaO^{3,4} \text{ dissous.}$$

» Chaleur dégagée $+22^{Cal},899$; soit, après correction, $+25^{Cal},822$ pour BaO^2 hydraté précipité pur. L'action de H^2Cl^2 dissous devrait donner $+2^{Cal},398$. J'ai trouvé $+2^{Cal},905$.

» De ces trois séries d'expériences, la seconde (H^2O^2 exactement sur BaO) est celle qui m'inspire le plus de confiance, soit parce que c'est celle où le précipité a la composition la plus voisine de BaO^2, soit surtout parce qu'elle n'est accompagnée d'aucune perte d'oxygène actif, même au bout de dix minutes, alors que dans les autres la perte d'oxygène actif n'est pas négligeable ($\frac{1}{50}$ à $\frac{1}{40}$) pendant la durée de l'expérience. Cette perte entraînerait de nouvelles corrections que je n'ai pas faites, attendu qu'elles seraient incertaines, le corps qui perd de l'oxygène pouvant être soit l'eau oxygénée libre, soit le précipité. Pour ces raisons, je crois qu'il faut adopter le nombre $+25^{Cal},497$ pour la formation du BaO^2 hydraté précipité pur [1], et, par suite, $+2^{Cal},723$ pour la dissolution de ce corps dans H^2Cl^2 dissous. Ces nombres sont assez différents de ceux donnés par M. Berthelot $+23,88$ et $+3,82$ en partant d'un hydrate contenant un peu de protoxyde. Comme ce dernier donne $+14,62$ et $+13,60$, il suffit qu'il y en ait quelques centièmes dans le précipité pour donner des résultats inexacts, trop faibles de plusieurs calories.

» Ces expériences montrent encore que l'addition de H^2O^2 diss. à BaO diss. ne donne jamais de bioxyde hydraté exempt de protoxyde. Comme il était naturel de le penser, mais contrairement à ce qu'on indique généralement, c'est lorsque BaO est en excès que la dose de protoxyde est la plus forte. Mais même lorsqu'on emploie $2H^2O^2$ pour BaO, un peu de protoxyde se précipite encore, tandis qu'une dose équivalente de trioxyde plus ou moins dissocié ($BaO^{2,7}$ dans mes expériences) se forme dans le

---

(1) D'ailleurs la moyenne des trois nombres donnerait $+25^{Cal},477$ et $+2^{Cal},743$ qui se confondent avec $+25,497$ et $+2,723$.

liquide, ce qui confirme ce que j'ai annoncé précédemment ([1]) sur l'existence et la stabilité de ce trioxyde dissous.

» IV. *Action de* $3H^2O^2$ (9^{lit}) *sur* BaO (12^{lit}) :

$$0,77\ BaO^{2,17}\ \text{précipité} + 0,23\ BaO^{10}\ \text{dissous}.$$

» Chaleur dégagée $+22^{Cal},622$; soit $+25^{Cal},844$ pour une molécule de $BaO^{2,17}$.

» Ce nombre étant presque identique à la donnée précédente $+25,497$, il semble tout d'abord qu'il démontre que la transformation de BaO^2 en BaO^3 s'effectue sans phénomène thermique appréciable.

» Cependant la différence $+28,220 - 25,844 = +2,376$ devrait alors mesurer sensiblement l'action consécutive de H^2Cl^2 dissous sur ce précipité. Or j'ai trouvé $+7^{Cal},247$, nombre qui, diminué de l'action de l'acide sur la partie dissoute, conduirait à $+4^{Cal},507$ pour l'action de H^2Cl^2 sur une molécule de $BaO^{2,17}$.

» On voit que la somme $+25,844 + 4,507$ est trop forte de 2^{Cal} environ. Mais il y a lieu de faire remarquer que pendant cette série d'expériences la température ne se fixe pas absolument et que la perte d'oxygène actif atteint $\frac{1}{30}$ au moins de l'oxygène actif total, soit $\frac{1}{10}$ de celui d'une molécule de H^2O^2, puisqu'il y en a trois en présence. En outre, la marche du thermomètre indique que cette perte se produit surtout pendant la première période, avant l'addition d'acide. Il y aurait donc une correction de 2^{Cal} au moins ($\frac{1}{10}$ de 21,7, chaleur de décomposition de H^2O^2) à faire subir de préférence au premier nombre. Les deux résultats deviendraient alors à peu près $+23,8$ et $+4,5$, indiquant que la transformation de BaO^2 en BaO^3, à l'état solide précipité, se fait avec absorption de chaleur.

» On peut même l'évaluer approximativement, car la formule $BaO^{2,17}$ peut s'écrire $0,825\ BaO^2 + 0,175\ BaO^3$. Ces 2^{Cal} environ correspondraient donc à $0,175\ BaO^3$; soit pour BaO^3 à peu près 10^{Cal}, et la chaleur de formation de ce trioxyde hydraté précipité deviendrait $25,5 - 10$, soit sensiblement $+15,5$, nombre qui concorde avec celui que M. Berthelot a donné pour l'hydrate de Schœne, $BaO^3H^2O + 15,92$ ([2]).

([1]) *Comptes rendus*, t. CXXX, p. 717.

([2]) Cependant l'hydrate obtenu paraît plus hydraté que l'hydrate de Schœne, car, dans une expérience spéciale, j'ai recueilli le précipité, qui avait pour composition $BaO^{2,17} + 9,54\ H^2O$, tandis que le même essai, fait après une expérience I (action de $\frac{1}{2}H^2O^2$ sur BaO) a donné $BaO^{1,93} + 9,50\ H^2O$. Il semble donc que l'état d'hydratation est le même.

» V. *Action de* $10 H^2O^2 (30^{lit})$ *sur* $BaO (12^{lit})$. — Ici, il ne peut plus être question de détermination calorimétrique précise. La perte d'oxygène atteint $\frac{1}{20}$ de l'oxygène actif total, ce qui correspond à une demi-molécule de H^2O^2, c'est-à-dire à une correction de 11^{Cal} environ.

» La composition du précipité est également variable suivant que l'on attend plus ou moins pour le recueillir. J'ai trouvé $BaO^{3,48}$, $BaO^{3,18}$ et $BaO^{2,94}$, c'est-à-dire que la composition est voisine de celle d'un trioxyde contenant au début un peu de tétroxyde. L'état d'hydratation paraît avoir changé, mais très peu ; ainsi j'ai trouvé dans une expérience

$$BaO^{3,43} + 7,72 H^2O.$$

» Dans un essai fait au calorimètre, j'ai obtenu $+16^{Cal},54$ pour la précipitation et $+11,35$ pour l'addition d'acide, en faisant porter la correction incertaine de l'oxygène actif perdu sur la première période. Ce nombre $+16,54$ est encore voisin de la chaleur de formation $+15,92$ de l'hydrate de Schœne, bien que le précipité soit plus hydraté.

» On peut donc seulement conclure de ces dernières expériences qu'en dissolution étendue un grand excès d'eau oxygénée donne des hydrates à 8 ou $10 H^2O$ des peroxydes BaO^3 et BaO^4, en dégageant une quantité de chaleur d'environ $+16^{Cal}$, voisine de la chaleur de formation de BaO^2, H^2O^2 ou BaO^3, H^2O. »

CHIMIE ORGANIQUE. — *Nouvelle combinaison chlorurée de mercure et d'antipyrine*. Note de MM. **J. Ville** et **Ch. Astre**, présentée par M. Armand Gautier.

« Hirsch (¹) et C. Schuyten (²) ont fait connaître la préparation et les propriétés de dérivés mercuriques halogénés de l'antipyrine, répondant à la formule générale $C^{11}H^{12}Az^2O.HgR^2$. La combinaison iodée correspondante n'est pas connue; malgré de nombreux essais, Schuyten n'a pu préparer l'iodure double de mercure et d'antipyrine.

» En essayant de réaliser ce composé iodé, nous avons été conduits à obtenir de nouveaux dérivés mercuriques halogénés de l'antipyrine, répondant à la formule générale $2(C^{11}H^{12}Az^2O).HgR^2.HR$, formule dans

(¹) *Ber. pharm. Ges.*, t. VI, p. 285; 1896.
(²) *Bull. de l'Acad. royale de Belgique*, 3ᵉ série, t. XXXIII, p. 821; 1897.

laquelle R représente le radical halogénique monovalent. Cette Note a pour objet l'étude de la combinaison chlorurée que nous avons obtenue par l'action du chlorure mercurique sur l'antipyrine en présence du chlorure de sodium et de l'acide chlorhydrique. Ce dernier est indispensable pour obtenir un produit cristallisé.

» On dissout 27^{gr} de chlorure mercurique avec environ une fois et demie son poids de chlorure de sodium (40^{gr}) dans un demi-litre d'eau distillée, et l'on ajoute à la solution 50^{cc} d'acide chlorhydrique. Cette liqueur, versée en mince filet, et en agitant, dans une solution de 50^{gr} d'antipyrine dans un demi-litre d'eau, détermine la formation d'un produit bien cristallisé en lamelles rhomboïdales ([1]).

» Ce corps bien lavé, essoré et desséché dans le vide, ne possède pas d'eau de cristallisation. Il renferme les éléments d'une molécule d'acide chlorhydrique et d'une molécule de chlorure mercurique pour deux molécules d'antipyrine :

» [Trouvé en centièmes : (I) Hg. 29,05; Cl. 15,25; (II) Hg. 29,42; Cl. 15,53. Théorie pour $(C^{11}H^{12}Az^2O)^2.HgCl^2, HCl$: Hg. 29,26; Cl. 15,58.]

» Ce corps fond à 105°-106°. Chauffé au rouge, après addition d'acide sulfurique, il se décompose sans laisser aucun résidu sensible. A peu près insoluble dans l'éther et le benzène, faiblement soluble dans l'alcool et dans l'eau, il se dissout plus facilement dans le chloroforme (100^{gr} de chloroforme dissolvent $2^{gr},14$ de produit, tandis que 100^{gr} d'eau n'en dissolvent que $0^{gr},78$). La réaction de la solution aqueuse est acide.

» Ce chlorhydromercurate présente certaines réactions communes avec les sels mercuriques (précipité noir avec l'hydrogène sulfuré; jaune avec la potasse et la soude; blanc avec l'ammoniaque; blanc devenant vert bleu à l'air avec le ferrocyanure de potassium; déplacement du mercure par le cuivre). Mais il offre aussi des réactions qui le distinguent nettement des sels mercuriques ordinaires et qui le différencient également du chlorure de mercure et d'antipyrine préparé par Hirsch et par C. Schuyten (chlorure que nous distinguerons par l'abréviation H. S.).

» C'est ainsi que le carbonate et le bicarbonate sodique, qui donnent un précipité rouge brun avec les sels mercuriques et un louche blanc très net avec le chlorure H. S., ne produisent aucun louche ni aucun précipité avec la solution aqueuse du produit que nous avons obtenu. Avec l'iodure de potassium, le chlorure H. S., en solution aqueuse, donne un précipité jaune verdâtre qui devient blanc par agitation, pour se transformer après quelque temps en iodure rouge de mercure, alors que la solution aqueuse de notre composé donne, avec ce réactif, un précipité blanc très légèrement jaunâtre, sans trace aucune de dépôt rouge, et qu'il se dissout dans un excès de réactif avec formation d'un liquide de couleur jaunâtre. Le chlorure stanneux donne, avec notre produit, un précipité blanc légèrement grisâtre, devenant brun noirâtre par

---

([1]) Ce corps se forme également quand on traite le chlorure mercurique par une solution à parties égales d'antipyrine et de chlorhydrate d'antipyrine; ou bien encore en traitant une solution aqueuse de chlorure double de Hirsch par une solution de chlorhydrate d'antipyrine.

un léger excès de réactif, tandis que le chlorure H. S. donne, dans ces conditions, un précipité blanc qui ne devient pas gris par l'addition d'un excès de sel stanneux. Avec le chlorure d'or, notre composé fournit un précipité jaune laiteux lequel, chauffé avec précaution, se dissout d'abord pour se réduire ensuite avec formation d'un miroir brillant d'or métallique. Le chlorure H. S. donne, avec ce réactif, un précipité qui se réduit sans former de miroir et sans se dissoudre au préalable.

» La présence du radical halogéné est mise en évidence par le dégagement d'acide chlorhydrique que produit l'acide sulfurique concentré, et par le chlore formé au contact du bioxyde de manganèse et de l'acide sulfurique.

» Enfin, notre produit donne, comme le chlorure H. S., les réactions de l'antipyrine (coloration bleu verdâtre par le nitrite de sodium en liqueur acétique; précipité orangé par le perchlorure de fer, soluble en rouge dans l'alcool.

» On voit que, en dehors de sa composition et de ses propriétés physiques distinctes, le corps que nous venons d'étudier présente certains caractères qui le différencient nettement de la combinaison mercurique halogénée de Hirsch et de C. Schuyten, dont la constitution est exprimée par la formule

$$\begin{array}{l} \quad CH^3 \\ \quad | \\ \text{(noyau)}\ Az - Hg - Cl. \\ \quad | \\ \quad Cl \end{array}$$

» En se basant sur l'ensemble des faits précédemment décrits, notre composé peut être considéré soit comme une combinaison de ce chlorure H. S. et de chlorhydrate d'antipyrine, soit plus exactement comme le chlorhydrate d'un chlorure de mercure et d'antipyrine, de même constitution que les dérivés cadmiques halogénés de l'antipyrine signalés par Schuyten (¹) et répondant à la formule générale

$$\begin{array}{ccccc} CH^3 & & & & H^3C \\ | & & & & | \\ \text{(noyau)}\ Az & - & Cd & - & Az\ \text{(noyau)} \\ | & & & & | \\ R^1 & & & & R^1 \end{array}$$

Nous avons constaté, en effet, que ces dérivés cadmiques peuvent se combiner avec les acides pour donner des composés définis, cristallisés, que nous ferons connaître : le chlorhydrate du chlorure de cadmium et d'antipyrine, en particulier, se présente sous la forme de belles lames cristallines. Aussi le corps que nous avons obtenu peut-il être considéré comme le chlorhydrate d'un chlorure double de mercure et d'antipyrine dont la

(¹) *Bulletin de l'Académie royale de Belgique*, 3ᵉ série, t. XXXII, p. 866; 1896.

constitution répond à la formule

$$\begin{array}{ccccc} & CH^3 & & H^3C & \\ \text{(cycle)} & | & & | & \text{(cycle)} \\ & Az & - Hg - & Az & \\ & | & & | & \\ & Cl & & Cl & \end{array}$$

constitution qui rend compte des propriétés distinctes de ce corps et, en particulier, de ce fait que le mercure paraît s'y trouver autrement fixé que dans le chlorure double de Hirsch et de C. Schuyten.

» Nous ferons connaître dans une prochaine Note d'autres dérivés mercuriques analogues de l'antipyrine. »

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la constitution de l'acide isolauronique* (¹). Note de M. G. **Blanc**.

« Dans un travail récent (²) j'ai confirmé mes anciennes affirmations, en montrant que, contrairement aux idées théoriques émises par M. W.-H. Perkin jun. (³), la constitution de l'acide isolauronolique devait être représentée par le schéma suivant :

$$\begin{array}{l} \quad CH^3\ CH^3 \\ \qquad \diagdown\diagup \\ \qquad\ C \\ CH^2\diagup\ \diagdown C - CH^3 \\ \ \ | \qquad\ \ \| \\ CH^2 \text{---} C - CO^2H \end{array}$$

» En particulier, j'avais fait voir que l'acide isolauronique $C^9H^{12}O^3$ (produit d'oxydation de l'acide isolauronolique) se rattachait à ce dernier par une réaction extrêmement curieuse (oxydation normale, puis fermeture de l'acide δ cétonique ainsi obtenu en liqueur alcaline) :

$$\begin{array}{l} \quad CH^3\ CH^3 \\ \qquad \diagdown\diagup \\ \qquad\ C \qquad\ CH^3 \\ CH^2\diagup\ \diagdown C\diagup \\ \ \ | \qquad\ \ \| \\ CH^2 \text{---} C - CO^2H \end{array} \rightarrow \begin{array}{l} \quad CH^3\ CH^3 \\ \qquad \diagdown\diagup \\ \qquad\ C \\ CH^2\diagup\ \diagdown CO - CH^3 \\ \ \ | \\ CH^2 \text{---} CO - CO^2H \end{array} \rightarrow \begin{array}{l} \quad CH^3\ CH^3 \\ \qquad \diagdown\diagup \\ \qquad\ C \\ CH^2\diagup\ \diagdown CO \\ CH^2 |\quad\ | CH \\ \qquad\ C \\ \qquad\ | \\ \qquad CO^2H. \end{array}$$

(¹) Faculté des Sciences de Paris. Laboratoire de Chimie organique.

(²) *Bull. Soc. Chim.* (3), t. XXI, p. 829.

(³) *Chem. Soc.*, t. LXXIII, p. 796.

» J'avais en partie démontré cette formule de constitution de l'acide isolauronique. Le présent travail a pour but de l'établir d'une manière définitive. Quand on traite l'acide isolauronique par l'amalgame de sodium en solution alcaline, on obtient un acide $C^9H^{14}O^3$, l'acide déhydroisolauronique. Cet acide est un acide γ cétonique et non pas un acide alcool β comme l'avait affirmé M. Perkin.

» Lorsqu'on oxyde cet acide déhydroisolauronique par l'hypobromite de soude en liqueur très étendue, il se produit un nouveau composé $C^9H^{14}O^6$, qui se présente en beaux prismes durs, peu solubles dans l'eau, fondant à 167°-168° en perdant de l'acide carbonique. Le nouvel acide obtenu ainsi par la décomposition de l'acide $C^9H^{14}O^6$ répond à la formule $C^9H^{14}O^4$, il fond à 87° et il est identique avec l'acide $\alpha\alpha$ diméthyladipique $CO^2H.C(CH^3)(CH^3)-CH^2.CH^2.CH^2.CO^2H$ provenant de l'oxydation de la β ionone.

Grâce à l'obligeance de M. R. Schmidt, qui m'envoya un échantillon de ce dernier acide, j'ai pu aisément faire l'identification.

» Dès lors, l'acide $C^9H^{14}O^6$ et l'acide dihydroisolauronique lui-même seront représentés par les schémas :

```
  CH³  CH³             CH³  CH³
    \  /                 \  /
     C                    C
 CH² /  \ CO²H       CH² /  \ CO
    |                   |    |
 CH² \  / CO²H       CH² \  / CH²
     CH                   CH
     |                    |
     CO²H                 CO²H
```

» On déduit de là la constitution de l'acide isolauronique

```
  CH³  CH³
    \  /
     C
 CH² /  \ CO
    |    |
 CH² \  // CH
      C
      |
      CO²H
```

» Elle se trouve bien identique à celle que nous avions déduite de la formule représentant l'acide isolauronolique. »

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les combinaisons des matières colorantes basiques avec les matières colorantes acides.* Note de M. A. SEYEWETZ.

« On savait qu'un petit nombre de matières colorantes à caractère acide très marqué, les dérivés nitrés en particulier, étaient susceptibles de donner avec les colorants basiques des combinaisons peu solubles dans l'eau.

» J'ai remarqué que la précipitation des matières colorantes acides par les colorants basiques avec formation d'une combinaison saline était une réaction générale pourvu que, parmi les composés mis en présence, l'un d'eux ait un caractère franchement acide ou basique.

» Ainsi une matière colorante à caractère basique fort, quels que soient les groupements qui lui confèrent cette basicité, formera des combinaisons peu solubles dans l'eau avec la plupart des colorants acides, même si ces derniers ont un caractère acide très faible. De même, un colorant ayant des propriétés acides très marquées donnera des combinaisons salines peu solubles dans l'eau avec la plupart des matières colorantes à fonction basique, même si cette fonction est très atténuée. Cette propriété s'applique également au cas d'une matière colorante basique, comme la fuchsine, que l'on a transformée en couleur acide par sulfoconjugaison, et la fuchsine donne une combinaison peu soluble dans l'eau avec la sulfofuchsine. J'ai remarqué, d'autre part, que ces combinaisons peu solubles dans l'eau, qui se forment si facilement quand on fait réagir entre elles les matières colorantes à fonctions salifiables, ne prennent plus naissance si l'on remplace l'un des deux colorants mis en présence par un composé non colorant ayant un caractère de même nature que celui de ce colorant, soit acide, soit basique, et cela même avec les acides et les bases les plus énergiques.

» Si l'on fait réagir, par exemple, une solution aqueuse d'auramine, matière colorante fortement basique, sur les divers acides gras ou aromatiques en solution aqueuse s'ils se dissolvent dans l'eau, ou à l'état de sels alcalins s'ils sont insolubles dans l'eau, on n'obtiendra dans aucun cas une combinaison saline suffisamment peu soluble pour se précipiter.

» J'ai observé le même phénomène en faisant réagir un colorant acide, tel que l'acide picrique ou mieux le picrate d'ammoniaque [1], sur les

[1] Le picrate d'ammoniaque doit être préféré à l'acide picrique, car celui-ci précipite certaines matières colorantes acides dont l'acide colorant est insoluble, comme

différentes amines grasses ou aromatiques, et pourtant le picrate d'ammoniaque précipite les colorants basiques présentant un caractère basique même très faible.

» Cette anomalie existant entre les bases ou les acides proprement dits avec les composés colorants doués de propriétés basiques ou acides m'a conduit à rechercher quelle était la cause de ce phénomène. Dans ce but, j'ai essayé de faire réagir, d'une part, sur l'auramine prise comme type des colorants basiques, des composés aromatiques renfermant les divers groupements autres que le carboxyle, susceptibles de leur conférer des propriétés acides, afin de voir si ces groupements introduits isolément dans un résidu aromatique communiquent à celui-ci la propriété de donner naissance à une combinaison insoluble ou peu soluble dans l'eau avec le colorant basique.

» J'ai fait réagir d'autre part sur le picrate d'ammoniaque pris comme type des colorants acides, des composés aromatiques renfermant les divers groupements basiques autres que le groupement aminogène susceptibles de leur conférer des propriétés basiques, afin de voir si les composés ainsi obtenus donnent naissance avec le colorant acide à une combinaison insoluble.

» Il paraît résulter d'essais faits sur un trés grand nombre de substances :

» 1° *Que les composés aromatiques renfermant un ou plusieurs groupements acides identiques tels que* COOH, OH, SO^3H, NO^2, CO — CO *ne donnent pas de précipité avec l'auramine.*

» 2° *Que les composés aromatiques renfermant deux ou un plus grand nombre de groupements acides différents peuvent former des combinaisons peu solubles dans l'eau avec l'auramine.*

» Pourtant les composés renfermant un groupe carboxyle et un groupe hydroxyle nous ont paru faire exception, mais dès qu'un troisième groupement quelconque autre que ceux-ci vient les renforcer, le composé renfermant ces trois groupements acides différents donne une combinaison peu soluble dans l'eau avec l'auramine.

» En faisant réagir sur le picrate d'ammoniaque pris comme type des colorants à fonction acide des composés aromatiques non colorants renfermant les divers groupements basiques autres que le groupement aminogène susceptibles de leur conférer un caractère basique, j'ai trouvé en opérant sur un grand nombre de substances que :

» 1° *Non seulement les composés non colorants, renfermant un ou plu-*

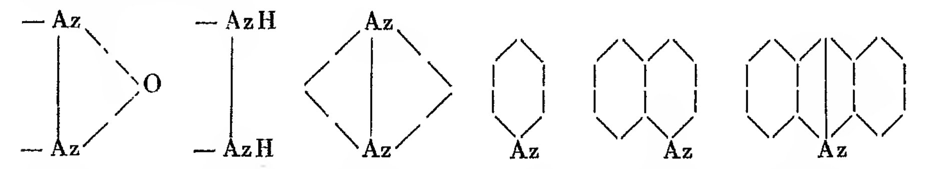
---

les phtaléines, par simple mise en liberté de l'acide coloré, ce qui ne se produit plus avec le picrate d'ammoniaque.

sieurs groupements aminogènes substitués dans une molécule grasse ou aromatique, mais aussi aucun de ceux renfermant les résidus basiques = NH, N ≡, — N = N — *ne donnent pas de précipité avec le picrate d'ammoniaque.*

» 2° *La présence d'un seul groupement amidogène substitué dans le noyau aromatique renfermant le résidu* — Az = Az — *suffit pour conférer au composé la propriété de précipiter par le picrate d'ammoniaque.* Nous ferons remarquer que, dans ce cas, on a un composé amidoazoïque, c'est-à-dire une matière colorante. Si le groupement amidogène n'est pas substitué dans le résidu aromatique, le composé perd la propriété de précipiter par le picrate d'ammoniaque. Ainsi l'amidoazobenzène est dans le premier cas, le diazoamidobenzène dans le deuxième.

» 3° *Les composés aromatiques non colorants renfermant seulement l'un des résidus suivants :*



ne m'ont pas paru donner des précipités avec le picrate d'ammoniaque.

» J'ai enfin expérimenté un grand nombre de composés à fonction mixte au point de vue de leur propriété de précipiter respectivement l'auramine et le picrate d'ammoniaque et je suis arrivé aux conclusions suivantes :

» 1° Lorsqu'on substitue dans les composés aromatiques ne renfermant pas de chromophores à la fois des groupes oxhydriles et aminogènes, les substances qui en résultent ne précipitent ni par le picrate d'ammoniaque ni par l'auramine, quel que soit le nombre de groupes oxhydriles ou aminogènes qui aient été substitués.

» 2° Lorsque les composés non colorés renferment concurremment au groupe aminogène des groupes carboxyles, oxhydriles ou à la fois ces deux résidus, ils ne m'ont paru précipiter ni par l'auramine, ni par le picrate d'ammoniaque.

» 3° La présence d'un seul groupe sulfonique dans un composé aromatique renfermant plusieurs groupes aminogènes confère à celui-ci la propriété commune aux matières colorantes acides de précipiter l'auramine.

» On peut donc déduire de ce qui précède que le chromophore du colorant paraît intervenir, dans la plupart des cas, dans la formation des combinaisons peu solubles dans l'eau qui prennent naissance par l'action des matières colorantes acides sur les colorants basiques. C'est donc là une propriété caractéristique pour les matières colorantes. »

BOTANIQUE. — *Sur la loi de disjonction des hybrides.* Note de M. **Hugo de Vries**, présentée par M. Gaston Bonnier.

« D'après les principes que j'ai énoncés ailleurs (*Intracellulare Pangenesis,* 1889), les caractères spécifiques des organismes sont composés d'unités bien distinctes. On peut étudier expérimentalement ces unités soit dans des phénomènes de variabilité et de mutabilité, soit par la production des hybrides. Dans le dernier cas, on choisit de préférence les hybrides dont les parents ne se distinguent entre eux que par un seul caractère (les monohybrides), ou par un petit nombre de caractères bien délimités, et pour lesquels on ne considère qu'une ou deux de ces unités en laissant les autres de côté.

» Ordinairement les hybrides sont décrits comme participant à la fois des caractères du père et de la mère. A mon avis, on doit admettre, pour comprendre ce fait, que les hybrides ont quelques-uns des caractères simples du père et d'autres caractères également simples de la mère. Mais quand le père et la mère ne se distinguent que sur un seul point, l'hybride ne saurait tenir le milieu entre eux; car le caractère simple doit être considéré comme une unité non divisible.

» D'autre part l'étude des caractères simples des hybrides peut fournir la preuve la plus directe du principe énoncé. L'hybride montre toujours le caractère d'un des deux parents, et cela dans toute sa force; jamais le caractère d'un parent, manquant à l'autre, ne se trouve réduit de moitié.

» Le Tableau qui suivra donnera quelques exemples. Ordinairement c'est le caractère de l'espèce qui l'emporte sur celui de la variété, ou le caractère le plus ancien qui l'emporte sur le plus jeune. Mais j'ai observé diverses exceptions à ces règles.

» Dans l'hybride le caractère simple différenciel d'un des parents est donc visible ou *dominant,* tandis que le caractère antagoniste est à l'état latent ou *récessif* [1].

» Ces caractères antagonistes restent ordinairement combinés pendant toute la vie végétative, l'un dominant, l'autre latent. Mais dans la période générative ils sont disjoints. Chaque grain de pollen et chaque oosphère ne reçoit que l'un des deux.

---

(1) Dans cet article je ne m'occupe que des vrais hybrides, en laissant de côté les *faux hybrides* de M. Millardet.

» Pour les monohybrides, on a donc la thèse *que leur pollen et leurs ovules ne sont plus hybrides,* qu'ils ont le caractère pur de l'un des parents. Et la même proposition peut être soutenue pour les autres (di- et polyhybrides), quand on ne considère chaque fois qu'un seul caractère simple.

» De ce principe on peut déduire presque toutes les lois qui gouvernent la distribution des caractères dans les descendants des hybrides. J'en ai contrôlé une partie par l'expérience, mais je me bornerai ici à résumer les expériences qui établissent la principale de ces lois.

» Ayant cultivé quelques centaines d'individus provenant des graines de différents hybrides, auxquelles j'ai eu soin d'assurer une fécondation croisée pure, j'ai trouvé pour les produits la proportion suivante d'individus présentant le caractère récessif :

Parent ayant le caractère dominant.	Parent ayant le caractère récessif.	Proportion des hybrides à caractère récessif.
Agrostemma Githago	*A. nicaeensis*	24 pour 100
Chelidonium majus	*C. laciniatum*	26 »
Coreopsis tinctoria	*C. brunea*	25 »
Datura Tabula	*D. Stramonium*	28 »
Hyoscyamus niger	*H. pallidus*	26 »
Lychnis diurna (rouge)	*L. vespertina* (blanc)	27 »
Lychnis vespertina (poilu)	*L. glabra*	28 »
Œnothera Lamarckiana	*Œ. brevistylis*	22 »
Solanum nigrum	*S. chlorocarpum*	24 »
Trifolium pratense	*T. album*	25 »
Veronica longifolia	*V. alba*	22 »

» On voit que la proportion des hybrides à caractère récessif est toujours voisine de 25 pour 100.

» La culture d'une génération ultérieure permet de faire une distinction parmi les 75 pour 100 d'individus présentant le caractère dominant. Je cite comme exemple un croisement du Pavot à tache basale noire sur les pétales avec celui à tache blanche.

» Si l'on sème des graines hybrides de ces deux variétés, en appelant N les pieds à taches noires, et B les pieds à taches blanches, on obtient, comme pour les précédentes :

75 pour 100 N et 25 pour 100 B.

» Mais une seconde culture des graines fournies par les pieds N, auto-fécondées et semées pour les graines provenant de chaque plante dans un carré isolé, donne, pour 25 des 75 pieds une descendance pure à pétales noirs, et pour les 50 autres un mélange de pieds à pétales noirs et de pieds à pétales blancs dans la proportion de 37,5 N pour 12,5 B.

» On a donc en somme, en réunissant les résultats des deux cultures successives :

100 graines hybrides de N et de B		
75 N		25 B
25 N	50 B	»
25 N	37,5 N + 12,5 B	»

» J'ai encore étudié deux autres générations successives de ces mêmes hybrides. Ils ont répété chaque fois le même phénomène de disjonction.

» J'ai obtenu les mêmes résultats avec les hybrides de maïs à sucre et de maïs à amidon, dans lesquels les albumens sont visiblement hybrides en même temps que les embryons.

» On peut condenser l'ensemble de ces résultats, en supposant que les deux qualités antagonistes, dominante et récessive, sont disposées par parties égales sur le pollen ainsi que sur les ovules.

» Si l'on appelle D les grains de pollen ou les ovules ayant un caractère dominant et R ceux qui ont le caractère récessif, on peut se représenter le nombre et la nature des hybrides par la formule représentative suivante, dans laquelle les nombres D et R sont égaux :

$$(D + R)(D + R) = D^2 + 2DR + R^2$$

» Cela revient à dire qu'il y aura 25 pour 100 de D, 50 pour 100 de DR et 25 pour 100 de R.

Les individus D auront le caractère dominant pur, l'ayant hérité du père et de la mère. De la même façon les individus R auront le caractère récessif pur, tandis que DR seront des hybrides. Ceux-ci porteront le caractère dominant apparent et le caractère récessif latent.

» On ne pourra distinguer les 25 pour 100 D des 50 pour 100 DR que par une seconde culture.

» L'ensemble de ces expériences met donc en évidence la loi de disjonction des hybrides et vient confirmer les principes que j'ai énoncés sur les caractères spécifiques considérés comme des unités distinctes. »

BOTANIQUE. — *A propos des résultats contradictoires de* M. Raphaël Dubois *et de* M. Vines *sur la prétendue digestion chez les Népenthès* (1). Note de M. **E. Couvreur**, présentée par M. Guignard.

« On sait que les Népenthès ont été longtemps regardés comme des plantes carnivores. On admettait que le suc qui remplit les urnes de ces plantes jouit de propriétés digestives, parce que les petits insectes tombant dans ce liquide s'y dissolvaient partiellement. M. Raphaël Dubois (2), en recueillant le liquide aseptiquement dans l'urne, a montré que, dans ces conditions, aucune digestion ne se produit; il attribue à une intervention microbienne les pseudo-phénomènes digestifs de l'urne ouverte. La question du pouvoir protéolytique du liquide de l'urne des Népenthès était donc résolue par la négative.

» Cependant, récemment, M. Vines (3) a attaqué les conclusions de M. R. Dubois. Il a en effet, dit-il, obtenu des phénomènes de digestion en ajoutant au liquide $\frac{1}{100}$ d'acide cyanhydrique, addition qui empêche l'action des ferments figurés.

» Deux choses auraient dû, semble-t-il, frapper M. Vines dans ses résultats : 1° il n'obtient des phénomènes digestifs qu'avec des albuminoïdes *crus*, en l'espèce, la fibrine; 2° les phénomènes digestifs ne sont pas arrêtés par une température de 70° C. à 80° C. et il est même nécessaire de porter à l'ébullition pendant quelques instants pour détruire l'activité protéolytique.

» Nous pouvons expliquer les résultats auxquels est arrivé M. Vines sans l'intervention d'un ferment protéolytique quelconque.

» Il a obtenu, dit-il, des digestions en milieux acides et alcalins, ce qui rapprocherait le ferment du Népenthès du ferment germinatif.

» En milieu acide, chacun sait que la fibrine crue est attaquée et dissoute en donnant naissance à un acide-albuminoïde; c'est, sans doute, cette action qui a été prise par M. Vines pour une digestion véritable.

---

(1) Laboratoire de Physiologie générale et comparée de la Faculté des Sciences de Lyon.

(2) Raphael Dubois, *Sur le prétendu pouvoir digestif du liquide de l'urne des Népenthès* (*Comptes rendus*; 1890).

(3) *The digestive ferment of Nepenthes* (*Ann. of Bot.*, t. X; 1896). *The proteolytic enzyme of Nepenthes* (*Ann. of Bot.*, t. XI-XII; 1897-1898).

Remarquons, en passant, que tant que la fibrine n'est pas cuite, auquel cas elle n'est plus attaquée, l'action est possible; ainsi s'explique la soi-disant digestion à haute température et son arrêt par l'ébullition un peu prolongée.

» Un alcali tel que la soude donnerait des résultats analogues par formation d'un alcali-albuminoïde. Mais M. Vines a opéré non avec de la soude, mais avec du carbonate de soude dans les proportions de 1 à 5 pour 100 : et dans ce cas, dit-il, il a vu se former non seulement des protéoses, mais encore de véritables peptones. En effet, après avoir précipité par l'alcool, il reprend le précipité par l'eau et obtient, avec ce liquide, les réactions xanthoprotéique et du biuret; puis, après avoir précipité par le sulfate d'ammoniaque, ce qui supprime les deutéroprotéoses, il provoque encore la réaction xanthoprotéique; de plus, en mettant le premier liquide à dialyser, il obtient, avec le liquide extérieur, la réaction xanthoprotéique.

» Nous avons traité de la fibrine crue par Na^2CO^3 seul et nous avons cherché dans le liquide obtenu les mêmes réactions que M. Vines; nous les avons toutes trouvées et cela sans grand étonnement. Il y a longtemps, en effet, que M. Dastre (¹) a démontré que les solutions de sels neutres étaient capables d'exercer sur les albuminoïdes une véritable action digestive. Là encore nous avons l'explication de la digestion (réelle cette fois) à haute température, puisqu'il n'y a pas de ferment, et de l'action destructive de l'ébullition, qui cuit l'albuminoïde et le rend inattaquable.

» Nous pouvons donc conclure que M. Vines a été induit en erreur et que c'est à tort qu'il a conclu à l'existence d'un ferment protéolytique dans le Népenthès, parce qu'il obtenait des protéoses et même des peptones, puisque sans l'adjonction d'aucun ferment nous avons obtenu des résultats identiques.

» Les conclusions de M. Raphaël Dubois doivent donc être maintenues; j'ajouterai qu'il est regrettable que M. Vines ne se soit pas placé dans les mêmes conditions expérimentales que M. R. Dubois. »

(¹) DASTRE, *Digestion saline de la fibrine* (*Arch. de Physiologie;* 1894).

GÉOLOGIE. — *Sur les plissements du bassin de Paris.* Note de M. **Munier-Chalmas**, présentée par M. Marcel Bertrand.

« L'étude du bassin de Paris m'a conduit à plusieurs résultats qui me semblent présenter quelque intérêt au point de vue général des phénomènes de sédimentation et de plissements.

» I. *L'épaisseur des sédiments est en chaque point proportionnelle à la vitesse d'affaissement du bassin.* On peut, en effet, démontrer que le bassin de Paris se trouvait sur sa plus grande étendue, à l'époque du Bartonien inférieur, dans les mêmes conditions bathymétriques; l'épaisseur des sédiments n'en est pas moins très variable pour les dépôts de cet âge, elle est donc indépendante de la profondeur de la mer; ainsi les sables bartoniens inférieurs atteignent, dans les environs de Crépy-en-Valois, l'épaisseur de 60^m, tandis qu'à l'ouest, près de Marines, leur puissance est réduite à 3^m. Pour le Bartonien supérieur, au contraire, les sables atteignent à Marines près de 25^m, tandis qu'ils sont réduits à 1^m à Crépy-en-Valois.

» Les données statigraphiques permettent de rétablir, avec la plus grande précision, l'état du fond de la mer aux différentes époques bartoniennes, et de démontrer que les *dernières couches formées étaient toujours horizontales.* Il faut donc qu'il se soit formé successivement, à deux places distinctes, deux cuvettes synclinales qui se remplissaient de sédiments au fur et à mesure de leur affaissement. Une grande partie des fosses sparnaciennes avec accumulation d'argile, ainsi que les puissantes masses de gypse du centre de la zone lagunaire d'évaporation du bassin de Paris, sont dues à la même cause et conduisent au même résultat.

» On peut d'ailleurs prouver :

» 1° Que les deux cuvettes synclinales de Marines et de Crépy-en-Valois n'étaient pas préexistantes à l'époque lutétienne;

» 2° Qu'elles se sont produites après deux plissements successifs du Bray, dont elles sont indépendantes au point de vue de la direction, mais dont elles sont la conséquence indirecte par suite d'une répartition nouvelle et inégale des pressions, en profondeur, survenue après chacun des deux plissements;

» 3° Que l'anticlinal apparent, qui est formé par les calcaires du Bartonien moyen et qui sépare les deux synclinaux, n'est pas dû à un mouvement propre ni à une surélévation du sol en ce point, mais seulement à l'inégal affaissement des parties voisines;

» 4° Que l'enfoncement de ces synclinaux ne peut être attribué aux poids des sédiments, puisque, dans le premier cas, au début du Bartonien, il y avait, dans les deux synclinaux, égalité dans l'épaisseur des sédiments et que, dans le second, il y a eu maximum de descente au point où les sédiments avaient leur minimum d'épaisseur.

» Ainsi les inégalités de vitesse dans la descente du bassin tendent constamment à déformer et à plisser les couches en profondeur, *et ces plissements profonds ne se traduisent jamais à la surface.*

» II. La nature des sédiments peut, comme leur épaisseur, mais indirectement, être en rapport avec les mouvements du sol; c'est ainsi qu'à Romainville, sur deux points très rapprochés, les marnes bleues à *Cyrena convexa* présentent des différences d'épaisseur relativement assez grandes; dans la partie où les marnes bleues atteignent leur maximum de puissance, on trouve des mollusques à tous les niveaux, tandis que dans la partie où cette épaisseur est moindre, il n'en existe que dans une couche de la base; mais, par contre, on constate sur toute la hauteur des lits très nombreux de gypse. L'inégalité de descente avait donc déterminé une petite ride qui empêchait la libre communication de la lagune d'évaporation avec les eaux marines. On peut d'ailleurs démontrer, par la très grande régularité des petits lits fossilifères, par leur uniformité de caractères pétrographiques, d'épaisseur et de faune, ainsi que par les nombreux retraits de dessiccation que l'on rencontre dans certains bancs, que, conformément aux conclusions précédentes, la profondeur, très faible, des eaux restait toujours rigoureusement la même. Il est facile de concevoir que, sous l'influence des grandes marées, la partie librement ouverte où vivaient les Cyrènes, les Psammobies, les Cérithes et les Sphéromes, se trouvait souvent mise à sec. Il pouvait donc se former par dessiccation, dans les marnes bleues, des fissures et des retraits dans lesquels se réfugiaient les nombreux mollusques lagunaires, grâce aux eaux qui pouvaient encore circuler dans le fond des crevasses, tandis que, dans la lagune d'évaporation, par suite de la barre, les marées se faisaient peu ou pas sentir et le niveau des eaux restait fixe.

» C'est la réduction d'un phénomène qui se produit beaucoup plus en grand à toutes les époques, à la limite de la mer et des lagunes qui la bordent.

» Pour expliquer les mouvements du sol sur la périphérie du bassin de Paris et les actions qui en découlent, je me suis inspiré de la très ingénieuse idée de M. Marcel Bertrand sur la fonction et le rôle du bourrelet périphérique auquel il attribue l'origine des charriages.

» Vers la fin de l'époque sparnacienne, sous l'effort de poussées venant

du sud et de l'est, les couches crétacées et tertiaires qui formaient, dans ces deux directions, la bordure du bassin de Paris, ont été surélevées (par plissement); il en est résulté la formation d'une ride périphérique qui a rejeté la mer plus au nord et qui a constamment fait obstacle à son extension vers le sud et vers le sud-est jusqu'à l'époque stampienne. Elle a servi de rivage vers le sud-est aux mers yprésieune, lutétienne, bartonienne et, vers le sud-est, elle a déterminé, à l'époque du Lutétien inférieur et moyen, la formation de lagunes dans lesquelles vivait déjà la faune saumâtre qui a été si longtemps considérée comme caractéristique du Lutétien supérieur. Parallèlement à cette ride se sont formées des ondulations ou rides secondaires qui ont joué dans la bathymétrie et dans la sédimentation un rôle des plus importants. Elles ont amené, à l'époque bartonienne, par exemple, la délimitation de zones grossièrement concentriques correspondant : 1° à la zone externe des lacs lagunaires; 2° à la zone médiane des lagunes marines ou saumâtres et des lagunes d'évaporation; 3° à la zone interne occupée par la mer proprement dite. A l'époque du Ludien inférieur, la zone des lagunes d'évaporation avait pris une très grande extension par suite du rejet de la mer vers le nord; mais, dans la suite, l'ondulation qui faisait la limite entre les lacs lagunaires et les lagunes d'évaporation s'est constamment déplacée vers le nord comme une ondulation qui serait partie de la ride périphérique en se dirigeant vers le centre du Pays de Bray; elle a ainsi amené l'extension des lacs lagunaires aux dépens des lagunes gypsifères.

» Des ondulations analogues, à l'époque du Bartonien inférieur, moyen et supérieur, sont venues pour ainsi dire envelopper le dôme du pays de Bray, qui en apparaît comme la continuation plus accentuée, et tout paraît se passer comme si la propagation superficielle de ces ondulations correspondait en profondeur à de véritables phénomènes de charriages.

» Il est ainsi probable que les nombreuses fractures horizontales qui affectent la craie blanche et qui ont amené la formation de lames crayeuses, si bien représentées dans les falaises de la Manche, sont également dues aux poussées exercées par la ride périphérique sur des masses crayeuses homogènes et souvent dépourvues de stratifications bien différenciées.

» Dans une prochaine Communication, j'étudierai les plis du Bray et leur analogie avec la formation des chaînes de montagnes, telles que les a définies M. Marcel Bertrand, et je montrerai, dans l'alternative des mouvements du sol et des transgressions marines, la récurrence de certaines phases qui me paraissent avoir une très grande généralité. »

PALÉONTOLOGIE. — *Caractéristiques d'un échantillon de Kerosene shale de Megalong Valley.* Note de M. **C.-Eg. Bertrand.**

« L'échantillon dont je vais donner les caractéristiques m'a été adressé par M. Dun, du Geological Survey de la Nouvelle-Galles. Il a été recueilli à Megalong Valley, près Katomba.

» Cet échantillon appartient au même type de Kerosene shale que le Blackheath et le Mount Victoria. Les thalles du *Reinschia australis*, posés à plat dans une gelée brune, y sont très affaissés et très isolés. Ces thalles stratifient la masse, le charbon vitreux qu'ils ont donné se détachant sur le fond terne qui les entoure. Cette stratification est très visible sur les cassures et sur les tranches verticales.

» Les algues ont joué un rôle important dans la formation de ce charbon. Leur gélose n'est plus toutefois la matière dominante de la roche. Le rôle prépondérant a été rempli par la gelée humique fondamentale et par les substances bitumineuses qui s'y sont infiltrées. Le Megalong Valley s'éloigne donc des bogheads ou charbons géologiques pour se rapprocher des cannels; c'est un terme de transition entre ces deux sortes de charbons.

» La gelée humique est foncée, colorée par le bitume, fortement chargée de bactérioïdes. La plupart de ces bactérioïdes sont sphériques bullaires, mesurant de $0^{\mu},3$ à $0^{\mu},8$. Quelques-uns sont pleins, très fortement colorés en brun noir ou en noir. Dans ce dernier cas il est à peu près impossible de les distinguer d'un très petit cristal de pyrite.

» La gelée humique est chargée de menus débris de parois végétales à divers degrés d'altération mais très peu sont fusinifiés.

» L'infiltration bitumineuse du Megalong Valley a été plus abondante que celle du Blackheath. La transparence du fond où sont enfermées les algues en est accrue. Elle donne à ce fond une coloration rouge brun. Par places, à la faveur de fragments de bois et de feuilles fortement imbibés de bitume, l'intervention de celui-ci paraît s'élever beaucoup; il forme même des lames de charbon brillant craquelé. J'ai trouvé jusqu'à 0,111 pour le coefficient de cette intervention bitumineuse. La masse du Megalong Valley est donc relativement riche en charbon brillant. Il s'agit d'un bitume dilué, car il est peu foncé et il n'a pas altéré les thalles placés dans son voisinage. Il est individualisé en très petits îlots affaissés reliés par des filets ondulés formant un réseau à mailles allongées horizontalement.

» La gélose des thalles de *Reinschia*, fossilisée dans sa gelée humique en présence de bitume, est passée à l'état de corps jaunes. Les protoplastes qu'elle contenait sont à l'état de corps bruns teints par une action élective qui s'est exercée à travers la paroi gélosique.

» La conservation des thalles est très belle, à peine inférieure à celle des thalles du Blackheath. La gélose des thalles adultes, et même celle des jeunes thalles, est creusée de gravures qui sont très probablement d'origine bactérienne et contemporaines de la vie de la plante. Dans ces gravures sont localisés des micrococcoïdes pleins colorés en brun noir et des fils colorés continus de même diamètre. La taille des micrococcoïdes varie de $0^{\mu},15$ à $0^{\mu},5$.

» L'intervention des thalles de *Reinschia* dans la masse du Megalong Valley est spécifiée par les nombres ci-après :

Nombre des rangées rencontrées sur 1^{mm} de hauteur			22
Nombre des thalles rencontrés sur 1^{mm} de longueur transverse			45
Nombre des thalles rencontrés sur 1^{mm} de longueur radiale			17
Nombre des thalles contenus dans 1^{mmc}			16830
Coefficient vertical	0,449	Ce coefficient peut s'abaisser à 0,248	
» horizontal	0,682	Il peut s'abaisser à 0,141	
» en volume	0,370	Il s'abaisse à 0,141	

» Le pourcentage des thalles est le suivant :

Jeunes thalles, 82, savoir :

56 thalles moyens	6 jeunes	14 très jeunes	36 extrêmement jeunes
19 thalles plats	3 »	5 »	11 »
7 thalles cérébriformes	2 »	2 »	3 »

Thalles âgés, 18, savoir :

8,8 thalles moyens	7 adultes	1 âgé	0,8 vieux
6,5 thalles plats	5 »	1 »	0,5 »
2,7 thalles cérébriformes	2 »	0,5 »	0,2 »

» Les plus nombreux sont les jeunes thalles. Les thalles plats interviennent largement. Beaucoup de thalles ont une teinte orangée.

» Les thalles gommeux sont peu nombreux. Les thalles résinoïdes sont très rares.

» Il y a 320 spores par millimètre cube et 3600 grains de pollen. J'ai observé quelques amas de pollen, comme si le contenu d'un sac pollinique était resté rassemblé au même point. Les grains de pollen affaissés à plat

soulignent la stratification. Les spores sont à l'état de corps jaunes. Les grains de pollen sont colorés en brun clair.

» J'ai rencontré quelques lames cuticulaires sous l'aspect de minces membranes jaunes. Les cristaux tardifs y sont peu nombreux.

» Les différences observées entre le Megalong Valley et le Blackheath sont très faibles; elles sont à peu près celles que présentent deux morceaux pris en deux points peu éloignés d'un même lit. Il diffère un peu plus du Mount Victoria. L'infiltration bitumineuse est moins forte chez ce dernier et sa charge en menus fragments de parois végétales fusinifiées est plus grande.

» Le Mégalong Valley diffère beaucoup du Mort's Upper Tunnel. Dans ce dernier, la gélose des thalles dilue si fortement la gelée humique que tous les thalles semblent se toucher. Les thalles adultes y sont aussi plus nombreux. Les menus fragments de parois végétales fusinifiées y sont abondants. Le Mort's Upper Tunnel est un boghead, car son élément dominant est la gélose. Cette différence, qui arrive à modifier les caractères macroscopiques de la roche, correspond simplement à une abondance plus grande des algues par rapport à la gelée humique qui se précipitait en même temps. On la voit parfois se produire localement en certains points d'un même banc. »

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Dosage comparatif de l'alcool dans le sang de la mère et du fœtus et dans le lait après ingestion d'alcool. Remarques sur le dosage de l'alcool dans le sang et dans le lait.* Note de M. **Maurice Nicloux** (1), présentée par M. Armand Gautier.

« En décembre 1899 (2) j'ai publié quelques résultats concernant le passage de l'alcool ingéré de la mère au fœtus et de l'alcool dans le lait. J'ai complété par une suite d'expériences nombreuses ce travail préliminaire dont je présente aujourd'hui à l'Académie les résultats numériques, renvoyant pour tous les détails à un Mémoire complet sur le point de paraître (3).

(1) Travail des laboratoires de Physiologie générale du Muséum d'Histoire naturelle et de la Clinique d'accouchement Tarnier.

(2) *Comptes rendus de la Société de Biologie*, 16 décembre 1899, p. 980 et 983.

(3) L'*Obstétrique*, mars 1900.

PASSAGE DE L'ALCOOL INGÉRÉ DE LA MÈRE AU FŒTUS.

a. Animal.

Numéros des expériences.	Quantité d'alcool absolu (1) ingéré par kgr.	Temps d'absorption depuis la fin de l'ingestion jusqu'au sacrifice de l'animal.	Quantité d'alcool pour 100cc de sang de la mère.	Quantité d'alcool pour 100cc de sang du fœtus.	Quantité d'alcool pour 100gr de foie maternel.	Quantité d'alcool pour 100gr de tissu fœtal.
	cc	h m	cc	cc	cc	cc
I (Cobaye)...	5	0.50	0,36	0,31	»	»
II (Cobaye)...	5	1	0,47	0,35	»	»
III (Chienne)...	3	1.30	0,37	0,37	0,26	0,26 (2)
IV (Cobaye)....	2	1	0,20	»	0,10	0,12
V (Cobaye)...	1	1	0,13	»	0,081	0,086
VI (Cobaye)...	$\frac{1}{2}$	1 15	0,045	»	0,015	0,02

(1) L'alcool était introduit par une sonde dans l'estomac, sous forme d'alcool à 10 pour 100.

(2) Il s'agit, dans cette expérience, non du tissu fœtal, mais bien du foie fœtal.

b. Femme.

Numéros des recherches.	Quantité d'alcool absolu ingéré (1)	Temps séparant l'ingestion de l'accouchement.	Quantité d'alcool absolu pour 100cc de sang fœtal.
	cc	h m	cc
I..........	27	1.15	0,017
II..........	27	1	0,037
III..........	27	1.7	0,053
IV..........	27	0.40	0,031
V..........	27	1	0,021
VI..........	27	1.10	0,014

(1) Alcool ingéré sous forme de potion de Todd.

PASSAGE DE L'ALCOOL INGÉRÉ DANS LE LAIT.

a. Animal.

Numéros des expériences.	Quantité d'alcool absolu (1) ingéré par kilogr. du poids de l'animal.	Temps compté depuis la fin de l'ingestion.	Alcool absolu pour 100cc de lait.	Alcool absolu pour 100cc de sang au même instant.
		h m	cc	
I (Chienne)	3cc	1.00	0,25	non déterm.
		1.50	0,24	id.
		7.50	0,11	id.
		h m	cc	cc
II (Chienne)	4cc	0.30	0,26	0,37
		1.00	0,16	0,46
		2.00	0,39	0,45
		3.00	0,30	0,45
		6.00	0,20	0,31
		h m	cc	cc
III (2) (Chienne)	5cc	0.30	0,24	0,38
		1.30	0,33	0,48
		2.30	0,39	0,54
		3.30	0,37	0,54
		4.30	0,34	0,54
		h m	cc	
IV (Brebis)	3cc	0.30	0,16	non déterm.
		1.00	0,19	0cc21
		1.30	0,21	0,23
		2.30	0,21	0,23
		3.30	0,20	0,21
		4.30	0,18	0,19
		5.30	0,17	non déterm.
		6.30	0,15	id.
		7.30	0,13	0cc14
		23.00	néant	non déterm.

(1) Alcool introduit dans l'estomac au moyen d'une sonde, sous forme d'alcool à 10 pour 100.

(2) Cette chienne n'était pas en pleine lactation (expérience faite avant la mise bas).

b. Femme.

Numéros des recherches.	Quantité d'alcool absolu ingéré (1).	Temps compté à partir de la fin de l'ingestion.	Alcool absolu pour 100cc de lait.
		h m	cc
I	27cc	1.00 après	0,04
		2.00 »	0,024
		4.00 »	0,006
		7.00 »	néant
		h m	cc
II	27cc	0.30 après	0,08
		2.00 »	0,072
		4.30 »	0,034
		7.00 »	indosable
		h m	cc
III	27cc	0.15 après	0,056
		0.45 »	0,083
		2.00 »	0,036
		4.30 »	indosable
		h m	cc
IV	27cc	0.15 après	0,02
		0.30 »	0,032
		0.45 »	0,032
		1.00 »	0,028
		1.30 »	0,024
		2.00 »	0,016
		h m	cc
V	27cc	0.15 après	0,017
		0.30 »	0,027
		0.45 »	0,034
		1.00 »	0,042
		1.30 »	0,024
		2.00 »	0,017

(1) Alcool ingéré sous forme de potion de Todd.

» Il est un point sur lequel je désire surtout insister.

» L'alcool, après distillation du sang et du lait à 50° dans le vide, au moyen de l'appareil de M. Gréhant, est dosé par mon procédé (¹), lequel repose sur l'oxydation de l'alcool par le bichromate de potasse en présence d'acide sulfurique.

» Or, un grand nombre de substances volatiles organiques (²) étant susceptibles de réduire le bichromate dans ces conditions, il nous fallait démontrer que nos dosages n'étaient entachés d'aucune erreur, hormis celles inhérentes au procédé lui-même.

» Théoriquement, l'alcool éthylique, à l'inverse du plus grand nombre des composés organiques, donne, par son oxydation par le bichromate et l'acide sulfurique, acide acétique et eau *sans acide carbonique;* j'ai alors imaginé un dispositif expérimental me permettant d'effectuer la réaction d'oxydation en recueillant les gaz qui pouvaient se dégager. Dans ces conditions l'alcool éthylique, comme l'expérience le montre, donne en réalité un peu d'acide carbonique; les liquides alcoolisés retirés par distil-

---

(¹) *Comptes rendus de la Société de Biologie,* 25 juillet 1896, p. 841. Voir aussi mes protestations, au sujet de modifications qu'auraient apportées à mon procédé MM. Bordas et de Raczkowsky. (*Société de Biologie,* 26 décembre 1896, p. 1126. *Journal de Pharmacie et de Chimie*, 1er mai 1897.)

(²) C'est pourquoi, dans un autre ordre d'idées, nous avons examiné les liquides distillés provenant du sang, du lait, des urines et des tissus à l'état normal. Nous sommes arrivés aux résultats suivants :

	Proportion.
Lait de femme : Substances réductrices, alcool ou autres, comptées en alcool, néant, ou proportion inférieure à..................	$\frac{1}{500000}$
Lait de vache : Substauces réductrices, alcool ou autres, comptées en alcool..	$\frac{1}{400000}$
Autre échantillon..	$\frac{1}{70000}$
Sang fœtal : Substances réductrices, alcools ou autres, comptées en alcool..	$\frac{1}{100000}$
Urine humaine (régime lacté) : Substances réductrices, alcool ou autres, comptées en alcool..................................	$\frac{1}{800000}$
Urine humaine (régime lacté) : Substances rédnctrices, alcool ou autres, comptées en alcool..................................	$\frac{1}{560000}$
Foie de bœuf (animal tué la veille) : Substances rédnctrices, alcool ou autres, comptées en alcool..............................	$\frac{1}{150000}$

On est loin des proportions considérables de cet alcool normal, signalées par A. Béchamp et J. Béchamp, *dans le lait, le foie et les urines* (*Comptes rendus,* t. LXXV, p. 1830; 1872. T. LXXVI, p. 836; 1873. T. LXXXIX, p. 573; 1879. *Annales de Chimie et de Physique*, 5e série, t. XIX, p. 400; 1880).

lation du sang et du lait ([1]) en donnent des quantités très voisines, quoique un peu supérieures.

» Mais, dans tous les cas, le calcul montre que l'alcool dosé existe réellement dans le liquide dans la proportion d'environ 98 pour 100, soit une erreur par défaut d'environ 2 pour 100. Or, ma méthode de dosage de très petites quantités d'alcool étant susceptible d'une erreur relative un peu supérieure, on peut négliger la précédente et finalement on est en droit de compter comme alcool et comme alcool seul, aux erreurs d'expérience près, le chiffre obtenu par le dosage direct de l'alcool dans les liquides distillés. Ceci justifie tous mes résultats ([2]).

» *Conclusions.* — L'alcool ingéré passe de la mère au fœtus.

» L'alcool ingéré passe dans le lait.

» Les teneurs en alcool du sang de la mère et du sang du fœtus sont sinon égales, du moins très voisines.

» De même les teneurs en alcool du sang de la mère et de son lait sont presque identiques.

» La réalité du passage de l'alcool de la mère au fœtus démontre la possibilité de l'intoxication du fœtus. Quelle ne doit pas être alors la toxicité de l'alcool pour un organisme et surtout pour un système nerveux en voie de formation ! Des observations anatomo-pathologiques viendront peut-être avant peu apporter les preuves morphologiques de cet alcoolisme particulier que, dès aujourd'hui, nous proposons de nommer : *l'alcoolisme congénital.* »

PHYSIOLOGIE. — *Sur l'absorption des iodures par la peau humaine.* Note de M. F. GALLARD, présentée par M. Armand Gautier.

« J'ai établi expérimentalement, l'année dernière, que la peau des animaux vivants, tels que le lapin, se laisse pénétrer par les iodures en dissolution dans l'eau ([3]). Depuis j'ai porté mes expériences sur la peau humaine vivante, recherchant comment elle se comportait dans les mêmes conditions.

([1]) Ces liquides ne renferment pas d'aldéhyde.

([2]) Voir tous les détails de cette discussion dans mon Mémoire complet, *loc. cit.*

([3]) Voir la Note de M. F. Gallard : « Sur l'absorption de l'iode par la peau et sa localisation dans certains organes », présentée à la séance de l'Académie du 1er mai 1899.

» Pour répondre d'avance à toutes les objections, je n'ai voulu opérer que sur des régions cutanées indemnes de toute lésion épidermique, ne présentant aucun orifice muqueux et pourvues sur toute leur étendue de sécrétion sébacée. Je suis arrivé à ce résultat en employant le dispositif suivant : J'immergeais mes deux bras et mes deux avant-bras, légèrement fléchis l'un sur l'autre, les coudes appuyés sur le fond du récipient, dans une solution aqueuse d'iodure de sodium (1) à 5 pour 100, de telle sorte que le bras et l'avant-bras trempaient entièrement jusqu'au poignet. Le récipient contenait environ 8^{lit} de solution. Les bains furent pris quotidiennement pendant vingt jours, à la température de 36° et durant trente minutes chaque fois. Pendant ces vingt jours, les urines, dont le volume évolua sensiblement autour de 2000^{cc}, furent examinées dix fois au point de vue de la présence de l'iode.

» Voici le résultat de ces analyses :

Urines émises dans les vingt-quatre heures qui suivirent chaque bain.	Iode contenu dans le volume total des urines. En milligrammes.	Iode contenu dans 100^{gr} d'urine. En milligrammes.
Après le premier bain.........	0,066	0,0031
» deuxième bain.......	0,050	0,0025
» troisième bain.......	0,066	0,0035
» cinquième bain......	0,167	0,0083
» septième bain........	0,333	0,0166
» dixième bain.........	0,980	0,0445
» douzième bain.......	1,900	0,0905
» quinzième bain......	1,282	0,0675
» dix-septième bain....	1,928	0,0918
» vingtième bain.......	3,863	0,1931

» Je voulus aussi constater la durée de l'élimination de l'iode ainsi absorbé et je fis, à partir des vingt-quatre heures qui suivirent le dernier bain, l'analyse des urines émises de douze en douze heures. Voici les résultats :

Urines émises dans les douze heures qui se sont écoulées :	Volumes.	Iode total.	Iode pour 100 d'urines.
De 24^h à 36^h après le dernier bain....................	800^{cc}	$1^{mgr},282$	$0^{mgr},1602$

(1) On sait que c'est sous cette forme que l'iode est le plus souvent contenu dans les eaux minérales.

Urines émises dans les douze heures qui se sont écoulées :	Volumes.	Iode total.	Iode pour 100 d'urines.
De 36^h à 48^h après le dernier bain..................	1200^{cc}	$1^{mgr},980$	$0^{mgr},0816$
Dans les vingt-quatre heures qui se sont écoulées de 48^h à 72^h après le dernier bain...	2100^{cc}	$0^{mgr},333$	$0^{mgr},0158$

» Deux faits sont intéressants à remarquer dans ces résultats : d'une part, la marche de l'absorption par la peau, qui semble presque imperceptible au début et qui progresse ensuite rapidement; d'autre part, la lenteur de l'élimination, qui tend à prouver qu'une véritable accumulation s'est faite dans les tissus.

» Pour juger la part qui pouvait revenir à l'absorption par les voies aériennes de vapeurs iodurées provenant de la dissociation de l'iodure de sodium, j'entrepris la série d'expériences suivante : pendant vingt jours je m'installai quotidiennement, pendant une demi-heure, respirant naturellement au-dessus du récipient qui avait servi à mes expériences, récipient contenant la même solution d'*iodure de sodium*, à la même température, mais où je n'immergeais pas, bien entendu, les bras. Pendant cette période, j'examinai cinq fois mes urines et j'obtins les résultats suivants :

Urines émises dans les vingt-quatre heures qui suivirent chaque séance :	Iode. total. mgr	Iode. pour 100. mgr
Après la première séance........	0,066	0,0033
» troisième séance..	0,045	0,0025
» cinquième séance.......	0,066	0,0031
» quinzième séance.......	0,166	0,0075
» vingtième séance.......	0,166	0,0083

» Je cherchai également, dans ce cas, la durée de l'élimination, et en examinant en deux fois l'urine émise dans les vingt-quatre heures qui suivirent la quinzième séance, je trouvai que l'urine des douze premières heures (1500^{cc}) contenait $0^{mgr},133$ d'iode, soit $0^{mgr},0088$ pour 100, et que l'urine des douze heures suivantes (700^{cc}) contenait $0^{mgr},033$ d'iode, soit $0^{mgr},0047$ pour 100. Enfin, après la deuxième séance, je ne trouvai plus d'iode dans les urines qui furent émises dans la période de douze heures qui suivit les vingt-quatre premières heures.

» Il faut donc admettre que si, dans ces conditions, de très faibles quantités d'iode sont ainsi absorbées par les voies aériennes, elles sont relati-

vement minimes et qu'elles s'éliminent en totalité dans les vingt-quatre heures, différemment de la véritable accumulation qui se produit dans le processus d'absorption cutanée.

» Je me crois donc en droit de tirer de ces expériences les conclusions suivantes :

» 1° La peau humaine se laisse pénétrer (comme la peau des animaux) par les iodures contenus en dissolution dans l'eau, et, si cette absorption est si imperceptible au début qu'elle peut passer inaperçue, elle prend, au bout d'un certain temps, une allure progressive se traduisant par des élévations de plus en plus rapides du taux de l'iode urinaire.

» 2° Les quantités d'iode ainsi introduites dans les tissus sont loin d'être négligeables, et la lenteur de l'élimination (qui permet d'en retrouver dans les urines soixante-douze heures après la fin d'une série d'immersions) tend à prouver qu'il s'y fait de véritables accumulations.

» La voie respiratoire ne peut pas être invoquée; elle ne permet l'entrée que de doses relativement très faibles d'iode, dont l'élimination paraît se faire en entier dans les vingt-quatre heures. »

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur la comparaison des mouvements barométriques provoqués, à la latitude* 50° *du méridien de Greenwich, par la marche en déclinaison du Soleil et de la Lune.* Note de M. A. **Poincaré**, présentée par M. Mascart.

» Vers le 50e parallèle, entre mouvements inversés au-dessous et au-dessus, on trouve des moyennes sensiblement nulles pour les écarts barométriques, soit en Lune ou Soleil boréal, soit en Lune ou Soleil austral. Les oscillations systématiques qui se produisent en chaque demi-révolution n'ont été, dans mes dernières Communications [1], étudiées que sur les moyennes mensuelles pour le Soleil et sur les moyennes des cotes des midi des jours tropiques pour la Lune.

---

(1) Voir *Comptes rendus*, nos 2, 14 et 26; 10 juillet, 2 octobre et 26 décembre 1899 : *Écarts barométriques sur le méridien du Soleil aux jours successifs de la révolution synodique; Écarts barométriques sur le méridien du Soleil aux jours successifs de la révolution tropique de la Lune; Mouvements barométriques provoqués sur le méridien du Soleil par sa marche en déclinaison. Errata* au numéro suivant.

» Prenons, du 1er décembre 1882 au 30 novembre 1883, les cotes de chaque midi à cette latitude sur le méridien de Greenwich. Nous obtenons une courbe compliquée, résultante des actions combinées du Soleil et de la Lune.

» Déduisons de ces cotes :

» La somme algébrique des écarts moyens du jour synodique et du jour tropique répondant à chaque date;

» Les soufflures et affaissements de la courbe qu'on aperçoit aux apogées et périgées, les brèves irrégularités dues à l'insuffisance des éliminations et aux ressauts et approfondissements brusques à laisser exclusivement au compte de l'action propre des dépressions; ces dernières corrections, faites à l'estime, régularisent un peu le profil sans en changer sensiblement les allures.

» Ce profil peut se définir comme suit :

» Moyenne de l'année : $761^{mm},05$.

» Quatre groupes d'ondulations, s'étendant chacun de part et d'autre d'un solstice ou d'un équinoxe :

» *Novembre, décembre, janvier.* — Moyenne : $-1^{mm},75$ au-dessous de celle de l'année; 6 oscillations entre $\pm(7$ à $9^{mm})$, vibrations accompagnant les déplacements du réseau des hautes et basses pressions.

» *Février, mars, avril.* — Moyenne des trois mois : $+1^{mm},17$; du mois de l'équinoxe : $-2^{mm},35$. Entre les deux grands maxima égaux de l'année, $+17^{mm},50$, aux 26 février et 7 avril, un minimum, $-10^{mm},40$, se présente deux ou trois jours avant l'équinoxe. Le passage à l'équinoxe produit un brusque ressaut : en quatre à cinq jours, on va à $+0^{mm},75$ et retombe sur la courbe de montée régulière. Du maximum du 7 avril, on descend au premier grand minimum de l'année : $-14^{mm},20$, le 27, soit une chute ininterrompue de $31^{mm},70$ en vingt jours.

» *Mai, juin, juillet.* — Moyenne : $0^{mm},07$; 6 vibrations : $\pm(6$ à $8)^{mm}$.

» *Août, septembre, octobre.* — Moyenne des trois mois : $+0^{mm},50$; du mois de l'équinoxe : $-2^{mm},35$, comme au printemps. Marche inverse de celle du printemps. Au 2 septembre, deuxième grand minimum égal à celui du 27 avril. De l'excavation suivante surgit encore un ressaut provoqué par le passage à l'équinoxe, etc. De ce côté, comme de l'autre, les excavations sont d'autant plus profondes qu'elles sont plus rapprochées de l'été. Mais ici les oscillations sont plus resserrées et les maxima moins élevés.

» Pour comparer avec ce que nous savons des effets de la révolution tropique de la Lune à 50°, ajoutons au profil que nous venons de décrire, et sur une même longueur de l'abscisse à $761^{mm},05$, la courbe des moyennes des mois synodiques. De cette courbe se trouvent éliminés les effets de la

révolution synodique et à très peu près ceux des révolutions tropique et anomalistique, mais, en même temps, toutes autres oscillations comprises en chaque mois. Nous n'avons plus que 6 ondulations d'aspect régulier, lesquelles, sauf celle de février qui atteint un maximum de $7^{mm}, 50$, restent comprises entre $\pm\ 2^{mm}$ et $\pm\ 3^{mm}$.

» Sous la première figure ainsi complétée, établissons-en une autre, dans laquelle la révolution lunaire tropique occupera la longueur de l'année, le jour 1 sous l'ordonnée du 25 mars, LA sous le solstice d'hiver, LB sous le solstice d'été. Rapportons en leur lieu, de part et d'autre de la ligne des abscisses, les écarts moyens des vingt-sept jours tropiques. Nous avons une courbe un peu moins régulière où, sauf en des points exceptionnels, des maxima et des minima de 2^{mm} à 4^{mm} correspondent à très peu près à ceux de la courbe des moyennes mensuelles. Les exceptions portent surtout sur les jours 25, 26 et 27 (3 février-15 mars); or, dans les écarts du 60e, on trouve les hausses qui manquent au 50e. Il y aurait un léger déplacement des effets vers les deux printemps. Se rappeler que, dans les latitudes supérieures, les mouvements, plus simples, sont les mêmes de part et d'autre, mais à une distance atteignant une demi-saison.

» Il est facile de faire, sur la figure inférieure, passer par les cotes des vingt-sept jours tropiques une courbe accidentée très peu différente de celle de la figure supérieure passant par les cotes des jours de l'année. Cela montre uniquement que les mouvements sont généralement de même sens aux époques correspondantes. Mais, d'un midi à l'autre, la révolution tropique de la Lune n'amène pas des variations aussi fortes que celles provoquées par la marche des saisons dans les treize ou quatorze jours correspondants. La durée n'est pas un élément négligeable dans des mouvements aussi complexes que ceux du 50e. Y a-t-il similitude ou simples analogies? Il faudrait un classement et une discussion méthodiques des observations horaires, ou bihoraires, d'une année de caractère moyen, à Greenwich ou à Paris par exemple. »

M. Stephanidès adresse une Note « Sur le raffinage et le rochage de l'argent chez les Anciens ».

M. Spalikowski adresse une Note intitulée : « Contribution à l'étude de la destruction des falaises ».

M. **A. Gout** adresse une Note relative à quelques combinaisons de nombres.

A 4 heures un quart l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 4 heures et demie.

M. B.

ERRATA.

(Séance du 19 mars 1900.)

Note de M. *Henri Coupin*, Sur la toxicité des composés alcalino-terreux à l'égard des végétaux supérieurs :

Page 792, en note, *lisez :*

Très faiblement toxique	équivalent toxique	supérieur à 2		
Faiblement	»	»	compris entre 2 et 1	
Moyennement	»	»	»	1 et 0,40
Très	»	»	»	0,40 et 0,25
Fortement	»	»	»	0,25 et 0,1
Très fortement	»	»	entre 0,1 et 0,01	
Éminemment	»	»	inférieur à 0,01	

COMPTES RENDUS

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 2 AVRIL 1900,

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE LÉVY.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur un nouveau corps gazeux : le perfluorure de soufre* SF^6. Note de MM. **H. Moissan** et **P. Lebeau**.

« *Action du fluor sur le soufre.* — La curieuse propriété que possède le fluor bien exempt d'acide fluorhydrique, de ne pas attaquer le verre (¹), nous a permis d'aborder l'étude des composés du fluor et du soufre. On ne possède, sur ce sujet, que des renseignements très vagues.

» Dans nos premiers essais, nous avons rempli un tube de verre de gaz fluor par déplacement et, après l'avoir fermé avec une lamelle de microscope, nous l'avons retourné sur la cuve à mercure. Si l'on n'agite pas cette petite éprouvette de verre, il se produit, à la surface du mercure, une

(¹) H. Moissan, *Action de l'acide fluorhydrique et du fluor sur le verre* (*Annales de Chimie et de Physique*, 7e série, t. XIX, p. 516; 1900).

couche de fluorure qui limite la réaction. Nous avons ensuite fait passer dans cette atmosphère de fluor un fragment de soufre supporté par une tige de platine. Dès que le soufre se trouve au contact du fluor, il prend feu, s'entoure d'une flamme livide, et le mercure s'élève dans l'éprouvette. Si l'expérience est faite avec soin et si le fluor ne renferme pas de l'oxygène provenant de l'air atmosphérique, on constate que le gaz qui reste, après la combustion du soufre, est inabsorbable par l'eau et partiellement absorbable par une solution de potasse. Enfin, le gaz restant après le traitement par les liqueurs alcalines possède une très grande stabilité et n'est absorbable que par la vapeur de sodium maintenue à son point d'ébullition.

» Cette expérience préliminaire nous démontre que nous avons obtenu au moins deux composés :

» 1° Un corps gazeux sur lequel l'eau est sans action et qui est absorbé par une solution de potasse;

» 2° Un corps gazeux, non absorbable par l'eau et les liqueurs alcalines, et décomposable par la vapeur de sodium.

» Cette expérience a été répétée un grand nombre de fois, en variant les proportions relatives de fluor et de soufre, afin de reconnaître si la production de ces deux nouveaux corps gazeux était toujours simultanée. Il est résulté de tous ces essais que ces deux fluorures de soufre se produisent toujours ensemble, quelles que soient les proportions de fluor et de soufre mises en présence. Mais, en employant un excès de fluor, le gaz inabsorbable est celui qui se forme en plus grande quantité. Sa proportion peut atteindre 80 à 90 pour 100. Du reste, il est facile de l'obtenir à l'état de pureté, en traitant le mélange des deux fluorures par une solution de potasse. Nous l'avons donc étudié tout d'abord.

» Puisque ce nouveau corps gazeux se produit surtout au contact d'un excès de fluor, il était logique de supposer que l'on se trouvait en présence d'un composé perfluoré du soufre. Ainsi que nous le verrons plus tard, les résultats analytiques vérifient cette hypothèse.

» *Préparation du fluorure de soufre.* — Pour obtenir une quantité notable du mélange gazeux, riche en perfluorure de soufre, nous avons employé le dispositif suivant : une petite nacelle de cuivre, contenant 5^{gr} à 6^{gr} de soufre, est placée dans un tube de cuivre horizontal dont les extrémités sont terminées par des fermetures à vis. Ce tube est en relation, d'un côté avec l'appareil producteur du fluor, et de l'autre avec un serpentin de cuivre identique à celui que l'on utilise pour condenser les vapeurs d'acide

fluorhydrique dans la préparation du fluor ([1]). L'autre extrémité du serpentin se rend dans un flacon de verre dans lequel circule d'une façon constante un courant très lent d'azote pur et sec. Grâce à un robinet à trois voies, ce flacon peut être mis en communication soit avec l'atmosphère, soit avec l'appareil producteur d'azote.

» Avant de relier au moyen d'écrous et de rondelles de plomb toute cette partie de l'appareil au tube abducteur qui amène le fluor, on laisse passer, pendant plusieurs heures, le courant d'azote pur et sec. L'extrémité du tube de cuivre est alors vissée sur l'appareil à fluor; on établit la communication avec l'atmosphère, et l'on entoure le serpentin de cuivre d'un mélange réfrigérant formé d'anhydride carbonique en suspension dans l'acétone.

» Dans ces conditions, le petit serpentin de cuivre est amené en quelques instants à une température de — 80°.

» Nous avions constaté, par des expériences préalables, que le mélange de fluorures de soufre gazeux qui va se produire dans notre expérience était complètement liquéfié à cette basse température.

» On fait ensuite arriver le courant de fluor que l'on maintient pendant deux heures environ. La réaction est le plus souvent terminée. Le soufre a presque totalement disparu de la nacelle, sans que cette dernière aussi bien que le tube de cuivre aient été attaqués. Dans ces conditions, le soufre s'est combiné à la presque totalité du fluor. On arrête dès lors le courant de ce dernier gaz et l'on sépare rapidement le petit serpentin de cuivre du reste de l'appareil. L'une de ses extrémités est fermée par un bouchon métallique à vis, et l'on adapte à l'autre extrémité un tube de dégagement de cuivre recourbé à angle droit, et dont la branche verticale mesure environ 80^{cm}. L'extrémité inférieure de ce tube abducteur est en fer et plonge dans une petite cuve à mercure.

» On laisse alors le serpentin se réchauffer lentement. Le mélange de fluorures qui a été liquéfié, puis solidifié, reprend l'état gazeux, et l'on recueille le gaz qui se dégage dans des flacons de verre bien secs, en fractionnant le produit. Les premières portions qui se dégagent renferment toujours un peu d'azote.

» On obtient ainsi le plus souvent environ 1^{lit} de fluorures gazeux. Ce mélange est mis en présence d'une solution concentrée de potasse pen-

---

([1]) H. Moissan, *Nouvelles recherches sur le fluor.* (*Annales de Chimie et de Physique*, 6e série, t. XXIV, p. 224; 1891.)

dant plusieurs heures. Le gaz restant est desséché par la potasse fondue. Pour purifier complètement ce composé gazeux et séparer les dernières traces d'azote, on le refroidit de nouveau vers — 80° pour le solidifier. Puis on fractionne le dégagement qui se produit lorsque le corps solide reprend l'état gazeux, et l'on élimine les premières parties qui contiennent une petite quantité d'azote.

» *Propriétés du perfluorure de soufre.* — Le perfluorure de soufre, qui répond à la formule SF^6, est un gaz incolore, inodore, sans saveur, incombustible et incomburant. Il se solidifie vers — 55° en une masse blanche, cristalline, qui se liquéfie et entre en ébullition à une température peu éloignée de son point de solidification. Ce gaz est très peu soluble dans l'eau, il est un peu soluble dans l'alcool bouilli et privé d'eau.

» Bien qu'il soit très riche en fluor, il est assez curieux de remarquer que ce gaz est un corps le plus souvent inerte et que la plupart de ses propriétés sont comparables à celles de l'azote, et non pas à celles du chlorure de soufre.

» Une solution aqueuse concentrée de potasse ne réagit pas sur ce gaz après un contact de plusieurs semaines. De même, une solution alcoolique de potasse n'a pas d'action. Il n'est pas décomposé par la potasse et le chromate de plomb en fusion; il n'est pas attaqué par l'oxyde de cuivre au rouge sombre.

» Chauffé dans une cloche courbe en verre de Bohême à la température de ramollissement de ce dernier, le perfluorure de soufre ne subit aucune variation de volume; le verre n'est pas attaqué et le gaz restant conserve la même inertie.

» *Action de l'étincelle d'induction.* — Pour étudier l'action d'une température plus élevée sur ce fluorure de soufre, nous l'avons soumis à l'action de l'étincelle d'induction en prenant le dispositif indiqué par M. Berthelot [1]. Nous utilisons pour cette expérience une bobine de Ruhmkorff capable de donner dans l'air une étincelle de 8^{cm} à 10^{cm}. Dans ces conditions, et sous l'action d'une étincelle très chaude, le fluorure de soufre est partiellement décomposé. Le verre de l'éprouvette est légèrement dépoli et la surface du mercure est attaquée. L'étincelle fournit un spectre brillant donnant des raies très fortes dans le rouge, dans le vert et dans le bleu. Nous avions, au début, un volume de 17^{cc}. Après une expérience qui a duré vingt minutes, le volume était de $20^{cc},3$. Le gaz renfer-

---

[1] Berthelot, *Essai de Mécanique chimique*, t. I.

mait, pour 100, 23,30 de gaz absorbable par l'eau, avec dépôt de silice, 44,36 de gaz absorbable par la potasse et 33,33 de gaz non décomposé.

» La décomposition étant incomplète, nous avons repris cette expérience en prolongeant l'action de l'étincelle pendant deux heures trente-cinq minutes. La décomposition n'était pas encore totale, il restait 11,64 pour 100 de gaz inaltéré.

» *Action de l'hydrogène.* — Le perfluorure de soufre, mélangé d'hydrogène et chauffé dans une cloche courbe, ne subit aucune variation de volume. Le verre n'est pas dépoli, et les propriétés du gaz ne varient pas.

» Si l'on répète cette expérience en soumettant ce mélange gazeux à l'étincelle d'induction, il se produit une diminution de volume qui est accompagnée de la formation d'un corps solide de couleur jaune sale qui se dépose sur le mercure et sur les parois de l'éprouvette.

» Lorsque le volume ne varie plus, l'expérience a été arrêtée, et l'on a analysé le gaz restant. Ce dernier présentait tous les caractères de l'hydrogène et sa pureté a été établie par une analyse eudiométrique.

» Le corps solide de couleur jaune repris par l'eau s'est décomposé, a fourni un dépôt laiteux de soufre, et un liquide très acide possédant les caractères analytiques de l'acide hydrofluosilicique.

» Dans cette action du fluorure de soufre sur l'hydrogène sous l'action de l'étincelle d'induction, il se fait tout d'abord de l'acide fluorhydrique et de l'hydrogène sulfuré. Ces corps en présence du verre fournissent une série d'équilibres variables avec la température, qui conduisent à une décomposition totale en soufre, acide hydrofluosilicique et silice, décomposition produite avec une diminution constante de quatre volumes.

» *Action des halogènes.* — Le fluor ne réagit pas sur le perfluorure de soufre, ce qui est logique d'après les conditions de formation de ce dernier gaz et ce qui nous démontre que nous nous trouvons bien en présence d'un corps saturé de fluor.

» A la température du rouge sombre, le chlore et la vapeur d'iode sont sans action sur le perfluorure de soufre.

» *Action de l'oxygène.* — L'oxygène ne réagit sur le perfluorure de soufre qu'à la température d'une forte étincelle d'induction. Dès que l'étincelle éclate dans le mélange gazeux, il se produit des flocons laineux de couleur brune. La surface du mercure est attaquée, et le volume diminue. $3^{cc},1$ de gaz additionnés de $20^{cc},9$ d'oxygène ont été soumis à l'action de l'étincelle pendant quarante-trois minutes. Le volume gazeux restant devient égal à $17^{cc},5$ et il est entièrement absorbable par une solution de pyrogallate de

potassium. En prenant le volume du perfluorure comme unité, les volumes gazeux ayant réagi et la contraction sont représentés par les nombres suivants :

Perfluorure.	Oxygène.	Contraction.
1^{vol}	$1^{vol},09$	$2^{vol},09$

» Le corps solide est un mélange des produits de décomposition du perfluorure de soufre.

» Si nous répétons cette expérience avec une étincelle d'induction moins chaude, la réaction est différente, et il se produit un oxyfluorure de soufre gazeux se détruisant en présence de l'eau moins rapidement que le fluorure de thionyle.

» *Action du soufre.* — A sa température de fusion, le soufre est sans action sur ce nouveau corps gazeux. Mais sa vapeur, surchauffée dans une cloche de verre, l'attaque et le volume gazeux augmente notablement. L'analyse des produits gazeux obtenus dans cette expérience, pendant des temps variables, nous a permis d'établir que le perfluorure se transformait tout d'abord en composés moins fluorés, qui, à cette température, attaquaient assez rapidement le verre, en donnant du silicium et de l'acide sulfureux.

» Si la durée de l'expérience est suffisante, la décomposition peut être totale; cette réaction est précieuse, car elle nous a permis d'établir la composition, en volumes, du perfluorure de soufre.

» *Sélénium.* — La vapeur de sélénium décompose le fluorure de soufre, mais la réaction n'est pas aussi nette que la précédente. Il se produit, en effet, du fluorure de silicium et un mélange d'anhydrides sélénieux et sulfureux. On peut cependant en déduire encore la quantité de fluorure de silicium produit par un volume déterminé de perfluorure de soufre.

» *Phosphore et arsenic.* — Le phosphore et l'arsenic distillent sans altération dans le gaz perfluorure de soufre.

» *Bore, silicium, carbone.* — Ces métalloïdes, chauffés au rouge sombre, dans une atmosphère de perfluorure de soufre, ne réagissent pas sur ce corps.

» *Action des métaux.* — Le sodium fond sans altération dans le gaz perfluorure de soufre, et sa surface brillante reste inattaquée. Cependant lorsque l'on élève sa température jusqu'à son point d'ébullition, la surface du métal se recouvre d'une couche grisâtre. Enfin, lorsque la vapeur se produit en abondance, la combinaison se déclare avec une incandescence très vive et le gaz est rapidement absorbé.

» Dans les mêmes conditions, le calcium réagit vers le rouge sombre, mais la réaction est bientôt limitée par la formation d'un composé solide à la surface du métal.

» Le magnésium fournit une décomposition lente au rouge et le métal se recouvre d'un enduit blanc. Enfin, le cuivre et l'argent ne sont pas attaqués à la température de fusion du verre par le perfluorure de soufre.

» *Action de quelques composés gazeux.* — A la température de ramollissement du verre de Bohême, le gaz acide chlorhydrique est sans action sur le perfluorure de soufre. Au contraire, le gaz hydrogène sulfuré, dans les mêmes conditions, réagit avec beaucoup plus de facilité.

» Nous avons chauffé, dans une cloche courbe de verre de Bohême, $3^{cc},7$ de fluorure de soufre et $14^{cc},6$ d'hydrogène sulfuré. Sous l'action de la chaleur, le volume gazeux diminue assez rapidement. Il se dépose du soufre et il se produit des fumées blanches qui se condensent en gouttelettes incolores. Après l'expérience, il reste $4^{cc},7$ de gaz hydrogène sulfuré pur, renfermant une trace de fluorure de silicium. Le volume d'hydrogène sulfuré absorbé est sensiblement le triple du volume gazeux du perfluorure de soufre. La réaction peut donc être exprimée par l'équation suivante :

$$SF^6 + 3H^2S = 6HF + 4S.$$

» L'acide fluorhydrique, produit dans ces conditions, attaque aussitôt le verre pour donner du fluorure de silicium et de l'eau, puis finalement de l'acide hydrofluosilicique

$$12HF + 3SiO^2 = 3SiF^4 + 6H^2O,$$
$$3SiF^4 + 3H^2O = 2SiF^6H^2 + SiO^3H^2.$$

» Le gaz ammoniac à froid ou au rouge sombre ne se combine pas au perfluorure de soufre.

» Dans une prochaine Communication, nous indiquerons comment nous avons pu établir la composition de ce nouveau fluorure de soufre gazeux. »

PALÉONTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur les Calamariées debout et enracinées du terrain houiller.* Note de M. **Grand'Eury.**

« Naguère on admettait que les tiges dressées normalement à travers les couches du terrain houiller ont poussé à la place où on les trouve. Au-

jourd'hui on en doute, et l'on voit se produire des théories sur la formation des couches de houille et des bassins houillers, qui seraient entachées d'erreur si les paléontologistes ([1]) ne se trompaient pas en regardant ces tiges comme s'étant développées sur place.

» Pour tirer au clair cette importante question, j'ai repris depuis cinq à six ans l'examen détaillé des troncs d'arbres enracinés que l'on découvre en grand nombre aux environs de Saint-Étienne, et je me suis donné la peine d'en dégager toutes les parties.

» La présente Note, faisant suite à ma Communication sur le *Calamites Suckowi* Br. ([2]), a pour objet le *Cal. cannæformis* Schl., les *Arthropitus* et les *Calamodendron*.

» Dans l'état de la question, il serait inutile de signaler des portions de tiges et de rhizomes munies de racines, même plus complètes que celles décrites par D. Stur et E. Weiss, dans deux monographies de Calamariées, comme ayant vécu dans la roche qui les contient. Il faut maintenant fournir des preuves nouvelles qui ne puissent être révoquées en doute. C'est ce que je vais faire en résumant les observations que j'ai recueillies sur les tiges et racines formant tout le système de végétation souterraine des Calamites et Calamodendrons.

» Dans les carrières du Treuil se dressent verticalement, à travers des bancs horizontaux de grès, de nombreuses tiges de *Cal. cannæformis* Schl. et *pachyderma* Br., de toutes dimensions, à étuis charbonneux minces de quelques millimètres ou épais de quelques centimètres, représentant des *Anthropitus* à différents degrés de développement. Alex. Brongniart, en 1821, ne les avait vues et dessinées qu'en partie. En cherchant à les dégager, on les voit toutes s'effiler en bas et se recourber, et, en les poursuivant dans la roche, naître les unes des autres ou de rhizomes traçants. Tout est à sa place, rien ne manque : les rhizomes et les stolons sont enracinés, les racines sont plongeantes; la partie conique des tiges est toujours tournée en bas, et lorsqu'elles s'élèvent suffisamment haut, l'écorce qui les enveloppe porte, à la partie supérieure seulement, des cicatrices de feuilles et de rameaux tombés. Les tiges groupées en colonie de la même

(1) J'ai reçu, à Saint-Étienne, MM. Ad. Brongniart, Schimper, Stur, de Saporta, etc., qui se sont déclarés convaincus, d'accord avec MM. Göppert, Dawson, Gümbel, Potonié, etc., que les arbres perpendiculaires aux couches ont vécu, lorsqu'ils sont enracinés, à l'endroit où ils gisent.

(2) *Comptes rendus*, 14 juin 1897.

plante sont de force et de grandeur très différentes : rompues en haut, les plus vivaces, renforcées par une couche de bois secondaire, s'élèvent jusqu'à 4^m, 5^m et 6^m de hauteur, et parmi les plus faibles et les plus fragiles, issues cependant des mêmes rhizomes, se font remarquer quelques jets fusiformes de *Cal. cannæformis* avortés, sans feuilles ni autres appendices (1).

» Mais, à la Béraudière, dans le schiste fin, on les trouve conservées en entier, épaisses et charbonneuses à la sortie des tiges, ramifiées latéralement d'une manière diffuse, les extrémités pourvues de radicelles subperpendiculaires. Elles traversent d'ailleurs obliquement les feuillets de schiste et même les empreintes végétales minces qui y sont couchées à plat. Elles sont au reste vides et affaissées comme les racines ayant poussé dans la vase des marais. Toutes sont représentées par une cuticule épidermique très mince caractéristique, les plus fortes renfermant un axe ligneux flottant; les tissus intermédiaires disparus étaient lacuneux comme ceux des racines aquatiques.

» Il n'y a donc pas de doute que ces Calamites ne soient à l'endroit natal, comme le prouvent en outre surabondamment les racines adventives ramifiées dont les tiges les plus ligneuses sont symétriquement entourées, et par lesquelles elles se sont rendues indépendantes des rhizomes et stolons restés minces, en partie détruits.

» Dans beaucoup d'endroits, les interstices des racines adventives sont occupés par une espèce de terreau noir, et les roches d'alentour sont des grès en bancs irréguliers dont le dépôt a visiblement été influencé par les cônes formés par ces racines tombantes étalées à la base. Les tiges d'*Arthropitus* entourés de racines adventives étalées en bas montrent ainsi avoir poussé librement dans les eaux courantes. Ces tiges, en effet, penchent souvent dès la base, elles sont parfois pliées et couchées, ou rompues, déplacées et transportées avec leurs racines.

» Dans ce dernier cas, des forêts de Calamites il n'est resté que la base des tiges avec leurs racines, et même parfois que les racines souterraines, ce qui explique le mode de gisement suivant constaté à Montrambert.

» Là, on découvre des *Cal. cannæformis* dont les rhizomes et stolons rampants sont fixés au sol inférieur par des racines souterraines, et dont les tiges et leurs racines adventives sont renversées sur les rhizomes et

(1) Ce sont ces jets qui m'ont autrefois fait admettre à tort que les Calamites étaient privées de feuilles.

enfouies presque sur place avec leurs rameaux d'Astérophyllites et leurs épis de reproduction.

» D'où il suit que, comme la plupart des *Equisetum*, de même les *Calamites*, leurs ancêtres, vivaient, baignés dans l'eau, attachés au sol de fond tantôt par un système souterrain assez développé, tantôt par des racines seulement.

» Toutes les Calamariées étaient adaptées au même milieu, car on rencontre debout, avec les autres tiges enracinées, d'énormes *Cal. major* W. à mince paroi, des *Calamodendron cruciatum* St. au bois dense et au long fût entouré de racines adventives descendant de très haut, etc.

» Seul, l'*Asterophyllites bifurcatus* Gr., avec ses feuilles très coriaces, paraissait devoir appartenir à une plante de terre sèche, lorsque récemment, à Montmartre, on en trouva les racines, rhizomes, tiges, feuilles et chatons, les rhizomes formant une couche charbonneuse de laquelle descendent des racines rameuses, et s'élèvent de nombreuses tiges calamitoïdes grêles, simples, garnies de feuilles, que les eaux courantes ont courbées, couchées et recouvertes de limon, le tout offrant un nouvel exemple de végétation autochtone enfouie sur place. »

RAPPORTS.

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Rapport sur un Mémoire de M.* Torres, *intitulé* : « *Machines à calculer* », présenté à l'Académie dans la séance du 19 février 1900.

(Commissaires : MM. Marcel Deprez, Poincaré; Appell, rapporteur.)

« Le Mémoire que M. Torres présente à l'Académie est divisé en deux parties. Dans la première, l'auteur expose des vues théoriques générales sur la possibilité de construire des machines représentant des relations données quelconques, entre des variables réelles ou complexes. Dans la deuxième, il indique les procédés pratiques de construction qui donnent, sous la forme la plus commode, l'approximation relative la plus grande possible; puis il étudie, dans le détail, quelques machines propres à représenter et à résoudre des équations algébriques. Le Mémoire de M. Torres est le résumé de recherches poursuivies depuis plusieurs années, dont les idées fondamentales ont été communiquées à l'Académie dans une Note présentée par M. Marcel Deprez à la séance du 29 juillet 1895.

» Dans la *Mécanique analytique,* Lagrange a considéré des systèmes matériels dont les liaisons s'expriment par des relations entre les coordonnées ou paramètres servant à définir la position du système. On peut, et c'est ce que fait M. Torres, se placer au point de vue inverse. Étant données des relations algébriques ou transcendantes entre des paramètres, l'auteur montre qu'il est possible, d'une infinité de manières, de construire un système matériel réalisant les liaisons données : ce système, dans la construction duquel entrent uniquement des corps rigides de formes appropriées agissant par contact sans intervention du frottement, est alors une machine permettant de calculer les valeurs des paramètres regardés comme dépendants en fonction de ceux qui sont arbitraires. M. Torres montre, en particulier, qu'on peut toujours supposer que chaque variable est représentée par un point décrivant une courbe fixe : cette courbe pourra être graduée de façon à donner la valeur même de la variable correspondant à chaque position de point ou une fonction de cette valeur, le logarithme, par exemple.

» Dans cet ordre d'idées, on peut évidemment supposer certaines variables complexes, car une relation entre quantités complexes équivaut à deux relations entre quantités réelles. En particulier, pour construire les relations algébriques, l'auteur établit d'abord des appareils réalisant les quatre opérations élémentaires sur des quantités complexes : la combinaison de ces appareils permet d'obtenir toutes les relations algébriques. C'est ainsi que M. Torres a construit un petit appareil très élégant donnant les racines d'un trinome du second degré à coefficients complexes : il serait à souhaiter que cet appareil fût construit de manière à permettre aux variables qui y sont représentées de varier entre des limites assez étendues pour qu'on pût suivre aisément la permutation des racines.

» Au point de vue pratique, M. Torres montre qu'il faut employer des mécanismes sans fin, tels que des disques tournants, pour que la variation des variables soit illimitée dans les deux sens. En outre, pour évaluer les variables avec la même approximation relative, il convient d'employer une graduation logarithmique : le nombre de tours du disque donne la caractéristique du logarithme; on lit sur le disque même les chiffres significatifs du nombre.

» L'auteur s'attache particulièrement à la construction des opérations algébriques; il se propose, étant donnés des coefficients $a, b, c, \ldots$ une variable x et des exposants $n, p, \ldots$ de construire

$$\log(ax^n + bx^p + cx^q + \ldots).$$

» Tout d'abord, à l'aide d'un équipage à roues dentées, caractéristique de l'exposant n, on lie deux roues de telle façon que, le déplacement angulaire de l'une étant $\log x$, celui de l'autre soit n fois plus grand, c'est-à-dire $\log x^n$; par addition, on construit $\log a x^n$. Il s'agit alors, connaissant de cette manière les logarithmes des monomes ax^n, bx^p, ... de construire le logarithme de leur somme. Pour cela, M. Torres copie, dans la construction mécanique, le calcul des logarithmes additifs de Gauss, en réalisant une fusée sans fin d'une grande ingéniosité exprimant la liaison

$$y = \log(10^x + 1).$$

» C'est sur ces principes qu'est fondée une machine que M. Torres a présentée à l'Académie pour la résolution des équations trinomes; son Mémoire contient les indications nécessaires à la construction d'une nouvelle machine permettant de résoudre des équations à huit termes. Peut-être conviendrait-il, pour les personnes qui n'ont pas vu les machines déjà construites, que l'auteur développe davantage quelques indications de détail.

» En résumé, M. Torres a donné une solution théorique, générale et complète, du problème de la construction des relations algébriques et transcendantes par des machines; il a, de plus, construit effectivement des machines, d'un maniement commode, pour la résolution de certains types d'équations algébriques qui se présentent fréquemment dans les applications.

» La Commission demande à l'Académie d'ordonner l'insertion du Mémoire de M. Torres au *Recueil des Savants étrangers*. »

Les conclusions du Rapport sont mises aux voix et adoptées.

NOMINATIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à la nomination d'un Correspondant pour la Section de Physique, en remplacement de M. *Stokes*, élu Associé étranger.

Au premier tour de scrutin, le nombre des votants étant 40,

M. Van der Waals obtient. . . . . . . 40 suffrages;

M. Van der Waals, ayant obtenu l'unanimité des suffrages, est élu Correspondant de l'Académie.

CORRESPONDANCE.

M. **Hittorf**, nommé Correspondant pour la Section de Physique, adresse ses remercîments à l'Académie.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Le Bulletin météorologique du département de l'Hérault publié par M. Crova (présenté par M. Mascart).

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Remarque sur le critérium de Tisserand.* Note de M. Gruey.

« Tisserand a fait connaître, dans le *Bulletin astronomique* (t. VI, p. 289) et reproduit dans son beau Traité de *Mécanique céleste* (t. IV, p. 203), un critérium précieux pour décider si deux orbites différentes, données par l'observation, *peuvent* ou *non* appartenir à une même comète P, passant de l'une à l'autre, grâce à l'attraction d'une grosse planète P'.

» Soient : a' le demi-grand axe; e' l'excentricité de l'orbite de P'; ρ_0 le rayon de sa sphère A d'attraction; t_0 et t_1 les époques initiale et finale du passage de P à travers A; t une époque quelconque comprise entre t_0 et t_1; a, p, i le demi-grand axe, le paramètre et l'inclinaison de l'orbite héliocentrique de P sur celle de P', à l'époque t, si à cette époque l'action de P' cessait brusquement.

» Le critérium de Tisserand est une relation simple et élégante entre a_0, p_0, i_0 et a_1, p_1, i_1 valeurs de a, p, i aux époques t_0 et t_1, relation que son illustre auteur tire, comme un corollaire presque évident mais non encore signalé, de l'intégrale de Jacobi, en y négligeant de très petites quantités de l'ordre de $\frac{\rho_0}{a'}$. Cette approximation revient à négliger les perturbations de la comète par le Soleil S, pendant la durée $(t_1 - t_0)$ de son mouvement planéto-centrique.

» Dans ces conditions, la comète obéit simplement, de t_0 à t_1, aux lois de Képler qui suffisent pour établir le critérium de Tisserand.

» A l'époque t, désignons par V la vitesse planéto-centrique de P, par v sa vitesse hélio-centrique, par v' celle de P', par α l'angle de v avec v'.

» Comme V est la résultante de $-v'$ et v, on a

$$V^2 = v^2 + v'^2 - 2vv' \cos\alpha.$$

» En négligeant e' et $\frac{h}{a'}$, on peut immédiatement écrire

$$v'^2 = \frac{k^2}{a'}, \qquad v^2 = k^2\left(\frac{2}{a'} - \frac{1}{a}\right),$$

prendre pour i l'angle O du triangle rectilatère OBB' et écrire encore, en vertu de ce triangle,

$$\cos\alpha = \sin b . \cos i;$$

O, B, B' étant les points où la sphère céleste de centre P' est percée par les directions de SP', v et v', issues de P'.

» D'ailleurs le théorème des aires donne

$$k\sqrt{p} = va' \sin b; \qquad \text{d'où} \qquad v \cos\alpha = \frac{k}{a'}\sqrt{p}\cos i.$$

» On a donc, pour V^2, la forme

$$(1) \qquad V^2 = k^2\left(\frac{2}{a'} - \frac{1}{a}\right) + \frac{k^2}{a'} - 2\frac{k^2}{a'\sqrt{a'}}\sqrt{p}\cos i,$$

les valeurs V_0 et V_1 de V aux époques t_0 et t_1 répondent aux valeurs a_0 et a_1 de a. Comme $V_0 = V_1$, la relation (1) conduit immédiatement au critérium de Tisserand,

$$\frac{1}{a_0} + \frac{2\sqrt{p_0}\cos i_0}{a'\sqrt{a'}} = \frac{1}{a_1} + \frac{2\sqrt{p_1}\cos i_1}{a'\sqrt{a'}}.$$

» On ne peut guère espérer de démonstration plus simple, mais on ne peut pas pousser l'approximation plus loin, en partant des lois de Képler. Tisserand a préféré, sans doute, rattacher son critérium à l'intégrale de Jacobi, qui permet d'en trouver d'autres, moins simples, mais plus exacts, comme M. Callandreau l'a montré dans l'un de ses importants Mémoires.

» Si ρ est la distance PP' à l'époque t et m' la masse de P' on sait que, suivant les lois de Képler,

$$(2) \qquad V^2 - V_0^2 = 2m'k^2\left(\frac{1}{\rho} - \frac{1}{\rho_0}\right),$$

mais (1) donne

$$(3) \qquad V^2 - V_0^2 = k^2\left(\frac{1}{a_0} - \frac{1}{a}\right) + \frac{2k^2}{a'\sqrt{a'}}(\sqrt{p_0}\cos i_0 - \sqrt{p}\cos i),$$

d'où, par comparaison de (2) et (3), la formule

$$\frac{1}{a} + \frac{2}{a'\sqrt{a'}}\sqrt{p}\cos i + \frac{2m'}{\rho} = \frac{1}{a_0} + \frac{2}{a'\sqrt{a'}}\sqrt{p_0}\cos i_0 + \frac{2m'}{\rho_0} = \text{const.}$$

applicable au passage de P dans la sphère d'attraction de P', c'est-à-dire à toute époque t comprise entre t_0 et t_1. Pour $t = t_0$ elle se réduit à une identité évidente, et pour $t = t_1$ au critérium de Tisserand, puisque alors $\rho = \rho_1 = \rho_0$. »

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les équations différentielles du troisième ordre à points critiques fixes.* Note de M. **Paul Painlevé**, présentée par M. Appell.

« Je me propose, dans cette Note, d'indiquer quelques théorèmes précis sur les équations du *troisième ordre* à points critiques fixes. Je me limiterai aux équations de la forme

$$(1) \qquad y''' = R(y'', y', y, x)$$

où R est *rationnel* en y'', y', *algébrique* en y, *analytique* en x.

» La méthode que j'ai indiquée (*Comptes rendus*, 19 mars 1900) conduit aux résultats suivants : *Si l'équation* (1) *a ses points critiques fixes :*

» I. R est un polynome du second degré (au plus) en y''; soit

$$(1) \qquad y''' = A(y', y, x)y''^2 + B(y', y, x)y'' + C(y', y, x) \equiv R.$$

» II. *L'équation*

$$y''' = A(y', y_0, x_0)y''^2$$

a son intégrale uniforme (x_0, y_0 étant des constantes quelconques); autrement dit, A *coïncide avec une des douze expressions suivantes :*

$$0, \quad \frac{1}{y'+a}, \quad \frac{\left(1-\frac{1}{n}\right)}{y'+a} \quad (n \text{ entier} + \text{ou} -, \text{ mais} \neq \pm 1),$$

$$\frac{1}{2}\left(\frac{1}{y'+a} + \frac{1}{y'+b}\right), \quad \frac{1}{y'+a} + \frac{1}{2}\frac{1}{(y'+b)}, \quad \frac{1}{2}\frac{1}{(y'+a)} + \frac{2}{3}\frac{1}{(y'+b)},$$

$$\frac{1}{2(y'+a)}+\frac{3}{4}\frac{1}{(y'+b)},\quad \frac{1}{2(y'+a)}+\frac{5}{6(y'+b)},\quad \frac{2}{3}\left(\frac{1}{y'+a}+\frac{1}{y'+b}\right),$$
$$\frac{2}{3(y'+a)}+\frac{5}{6(y'+b)},\quad \frac{3}{4}\left(\frac{1}{y'+a}+\frac{1}{y'+b}\right),\quad \frac{1}{2}\left(\frac{1}{y'+a}+\frac{1}{y'+b}+\frac{1}{y'+c}\right),$$
(a, b, c fonctions de y, x).

» III. B *et* C, *considérées comme fonctions de* y', *n'ont d'autres pôles que ceux de* A, *ces pôles sont simples, et, pour* $y' = \infty$, *les expressions* $\frac{B}{y'}$, $\frac{C}{y'^3}$ *sont finies.*

» IV. Soit maintenant $y' = -a$ un des pôles de A; écrivons l'équation (1) sous la forme

$$\frac{dy}{dx} = z - a, \qquad z\frac{dz^2}{dx^2} = G(y, x)\,z'^2 + H(y, x)\,z' + K(y, x) + z(\ldots);$$

la quantité G, d'après les conditions précédentes, est égale à 0, à 1 ou à $\left(1-\frac{1}{n}\right)$. *Si* $G \equiv 1$, K *est identiquement nul. Si* $G \equiv 0$ *ou* $\left(1-\frac{1}{n}\right)$, H *et* K *sont identiquement nuls; de plus, si n est négatif* ($n \neq -1$), $a(y, x)$ *est une simple fonction de* x.

» Quand on tient compte de ces conditions, les douze types d'équations (1) qui correspondent aux douze expressions (A) *dependent au plus de neuf fonctions inconnues de* y, x (algébriques en y, analytiques en x).

» Mais les conditions nécessaires que fournit la méthode sont loin d'être épuisées. Parmi les conditions nouvelles, citons seulement celle-ci :

» Mettons l'équation (1) sous la forme

$$y''' = \frac{y''^2}{y'}(\alpha+\varepsilon) + y''y'[\beta(y, x)+\varepsilon_1] + y'^3[\gamma(y, x)+\varepsilon_2],$$

les ε s'annulant avec $\frac{1}{y}$, et convenons de dire que l'équation

$$(2) \qquad y''' = \frac{y''^2}{y'}\alpha + y''y'\beta(y, x_0) + y'^3\gamma(y, x_0)$$

est *la simplifiée* de l'équation (1) [x_0 désigne une constante quelconque, α est égal à $\left(1-\frac{1}{n}\right)$, n = entier $\neq -1$ ou $n = \infty$].

» *Pour que l'équation* (1) *ait ses points critiques fixes, il faut que sa simplifiée* (2) *ait son intégrale uniforme.*

» L'équation (2) se ramène par une quadrature à une équation linéaire.

Prenons, en effet, x comme fonction, y comme variable; on aura

$$\frac{dx}{dy} = \frac{-n}{n+1}u, \qquad \frac{d^2u}{dy^2} - \beta(y)\frac{du}{dy} - \frac{n}{n+1}\gamma(y)u = 0.$$

» En particulier, pour $n = -2$, $\beta \equiv 0$, les équations (2) (à intégrale uniforme) *définissent les fonctions automorphes* (*fuchsiennes et kleinéennes*).

» Pour déterminer toutes les équations (1) à points critiques fixes, un problème préliminaire s'impose donc :

» *Déterminer toutes les équations*

$$(3) \qquad y''' = \frac{y''^2}{y'}\alpha(y) + y''y'\beta(y) + y'^3\gamma(y)$$

dont l'intégrale générale est uniforme.

» Bien que je n'aie pas achevé de traiter ce problème dans tous ses détails, il n'est pas douteux que ces équations (3) ne se laissent ramener à celles de la classe particulière $\alpha = \frac{3}{2}$, $\beta = 0$. Autrement dit, l'intégrale générale d'une équation (3), quand elle est uniforme, est réductible aux fonctions automorphes et à leurs dégénérescences.

» Je signalerai encore les propositions suivantes : Soit $y = \Phi(x)$ une intégrale quelconque de l'équation (1) (à points critiques fixes), et $y = \varphi(x)$ une intégrale (uniforme) de l'équation (2) :

» 1° *Si* $\varphi(x)$ *possède des singularités transcendantes à distance finie,* $\Phi(x)$ *présente des singularités transcendantes mobiles;* si, pour $\varphi(x)$, ces singularités comprennent des *ensembles parfaits* (ou des *lignes*), il en est de même, *a fortiori*, pour $\Phi(x)$;

» 2° y''' est, d'après (1), algébrique en y et s'exprime (birationnellement) à l'aide de y et d'une irrationnelle Y définie par une relation $H(y, Y, x) = 0$ (algébrique en y, Y, analytique en x). *La fonction* $Y(x)$, *définie par l'égalité* $H(\varphi, Y, x_0) = 0$ *est uniforme comme* $\varphi(x)$. *Si donc* $\varphi(x)$ *est méromorphe ou possède des points essentiels isolés, le genre de la relation* $H(y, Y, x_0) = 0$ *est* 0 *ou* 1.

» L'étude des fonctions automorphes suffit à montrer qu'à l'inverse de ce qui se passe pour le second ordre (*Comptes rendus*, 1899), les équations (1) à points critiques fixes ne sont pas réductibles à un nombre fini de types dépendant d'un nombre fini de constantes. Toutefois, *une fois choisie la simplifiée* (2) *d'une équation* (1), il me paraît vraisemblable que toutes les équations (1) correspondantes (à points critiques fixes) sont susceptibles d'une telle réduction. De plus, si l'intégrale de (1) présente

des points singuliers essentiels mobiles non isolés, elle se déduit, par quadratures, des fonctions automorphes. Mais je n'ai pas encore établi ces derniers résultats en toute rigueur, tous les théorèmes qui précèdent ont leurs analogues dans l'étude des équations différentielles algébriques (d'ordre quelconque) à points critiques fixes. »

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une inversion d'intégrale double.* Note de M. **J. Le Roux**, présentée par M. Darboux.

« Le problème qui fait l'objet de la présente Note se rattache d'une façon évidente à l'intégration des équations linéaires aux dérivées partielles par la méthode que j'ai eu l'honneur d'indiquer à l'Académie dans une Note récente. Il présente un intérêt particulier à cause de la simplicité des calculs et de la forme remarquable du résultat.

» Considérons dans le plan (x, y) le triangle AOB formé par les axes Ox, Oy et par la droite variable AB dont l'équation par rapport à ces axes est

$$\frac{x}{u}+\frac{y}{v}=1=0.$$

» L'intégrale double

$$\int\int f(x, y)\,dx\,dy$$

étendue à l'aire de ce triangle est une fonction $F(u, v)$ des coordonnées de la droite.

» Inversement, étant donnée une fonction $F(u, v)$ holomorphe dans le voisinage de l'origine et s'annulant pour $u=0$ et pour $v=0$, proposons-nous de trouver une fonction $f(x, y)$ telle que nous ayons

$$F(u, v)=\int\int f(x, y)\,dx\,dy. \tag{1}$$

» Soit

$$F(u, v)=\Sigma A_{m,n}u^{m+1}v^{n+1}. \tag{2}$$

» Posons

$$f(x, y)=\Sigma B_{m,n}x^m y^n. \tag{3}$$

» On a, d'après une formule de Lejeune-Dirichlet (*Journal de Liouville,*

t. IV) appliquée aux différents termes de l'intégrale

$$(4)\qquad \iint f(xy)\,dx\,dy = \sum \frac{m!\,n!}{(m+n+2)!}\,\mathrm{B}_{m,n}\,u^{m+1}\,v^{n+1}.$$

» Les coefficients B seront donc donnés en fonction des A par la formule

$$\mathrm{B}_{m,n} = \frac{(m+n+2)!}{m!\,n!}\,\mathrm{A}_{m,n}.$$

» Si nous observons maintenant que le coefficient

$$\frac{(m+n+2)!}{m!\,n!}$$

est celui de $x^m y^n$ dans le développement de la fonction $\frac{1.2}{(1-x-y)^3}$ nous pourrons en déduire la représentation de la fonction inconnue $f(x,y)$ par un résidu. On voit, en effet, immédiatement que $f(x,y)$ est le coefficient de $\frac{1}{uv}$ dans le développement de la fonction

$$\frac{1.2.\mathrm{F}(u,v)}{\left(1-\frac{x}{u}-\frac{y}{v}\right)^3 u^2 v^2},$$

ce qui conduit à poser

$$(5)\qquad f(x,y) = \frac{-1.2}{4\pi^2}\iint \frac{\mathrm{F}(u,v)\,du\,dv}{\left(1-\frac{x}{u}-\frac{y}{v}\right)^3 u^2 v^2}.$$

» On suppose dans cette formule les intégrales relatives à u et à v effectuées dans le sens positif suivant des contours qui devront satisfaire aux conditions suivantes pour que nos raisonnements soient applicables :

» 1° La fonction $\mathrm{F}(u,v)$ sera holomorphe à l'intérieur de la surface définie par l'ensemble de ces deux contours dans l'espace à quatre dimensions des deux variables complexes ;

» 2° La fonction $\frac{1}{1-\frac{x}{u}-\frac{y}{v}}$ devra être sur ces contours développables suivant les puissances de $\frac{x}{u}$ et de $\frac{y}{v}$, ce qui exige que l'on ait

$$\mathrm{mod}\left|\frac{x}{u}+\frac{y}{v}\right| < 1;$$

» 3° Les pôles $u=0$ et $v=0$ sont intérieurs aux contours considérés.

» Ces conditions peuvent être énoncées en disant que les systèmes de valeurs de u et de v qui correspondent aux côtés du triangle d'intégration de la formule (1) représentent des points intérieurs à la surface d'intégration de la formule (5).

» On peut vérifier facilement que la fonction $f(x, y)$ définie ainsi satisfait aux conditions que nous nous sommes imposées.

» En effet, l'intégrale double

$$1.2\int\int\frac{dx\,dy}{\left(1-\frac{x}{a}-\frac{y}{b}\right)^3 u^2 v^2}$$

étendue au triangle limite par la droite

$$\left(1-\frac{x}{\xi}-\frac{y}{\eta}\right)=0$$

a pour valeur (quand elle existe)

$$\frac{\xi\eta}{(u-\xi)(v-\eta)uv};$$

et l'intégrale à variables complexes

$$-\frac{1}{4\pi^2}\int\int\frac{F(u, v).\xi.\eta.du\,dv}{(u-\xi)(v-\eta)uv}$$

évaluée comme nous l'avons indiqué ci-dessus est évidemment égale à

$$F(\xi,\eta)-F(0,\eta)-F(\xi,0)+F(0,0).$$

» Il existe une remarquable analogie entre la formule (5) qui définit $f(x, y)$ et celle qui donne, d'après Cauchy, la dérivée d'une fonction holomorphe; cette analogie existe d'ailleurs aussi entre les modes de génération quand on considère la dérivée $F'(x)$ d'une fonction $F(x)$ comme définie par l'égalité

$$F(x)-F(a)=\int_a^x F'(z)\,dz.$$

Liouville avait déjà considéré un problème d'inversion semblable à celui que nous venons de traiter, mais beaucoup moins général (*Journal de Math.*, t. IV).

» Il est à peine utile de faire remarquer que nos calculs s'appliqueraient sans modification sérieuse aux fonctions définies par des intégrales multiples d'un nombre quelconque de dimensions. »

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les applications géométriques du théorème d'Abel.* Note de M. **Ch. Michel**, présentée par M. Appell.

« Soit $F(x, y) = 0$ une courbe algébrique de degré m. Considérons une intégrale abélienne de troisième espèce $\varpi(x, y)$, singulière aux seuls points $A(a, b)$ et $A'(a', b')$ comme $\log(x-a)$ et $-\log(x-a')$. La somme $\Sigma\varpi$ des valeurs prises par l'intégrale ϖ, le long des chemins parcourus sur $F = 0$ par les mn points de rencontre avec une courbe variable $f = 0$, de degré n, est, à une constante près et à des multiples des périodes de ϖ près, égale à $\log\frac{f(a, b)}{f(a', b')}$. On voit ainsi que, si, conservant la courbe $f = 0$, on remplace $F = 0$ par une autre courbe fixe $F_1 = 0$, de degré quelconque, passant par les points A et A′, et l'intégrale ϖ par une intégrale ϖ_1, singulière aux seuls points A et A′ comme $\log(x-a)$ et $-\log(x-a')$, la somme $\Sigma\varpi$ est égale à la somme $\Sigma\varpi_1$, à une constante près. En particulier, si $F_1 = 0$ est la droite AA′, nous pouvons prendre, comme intégrale ϖ_1, l'expression $\log\frac{x-a}{x-a'}$. Si (x_i, y_i) est un point commun à $f = 0$ et à $F = 0$, et (ξ_i, η_i) un point commun à $f = 0$ et à $F_1 = 0$, on a la relation

$$(1) \qquad \sum_{i=1}^{i=mn} \varpi(x_i, y_i) = \sum_{i=1}^{i=n} \log\frac{\xi_i - a}{\xi_i - a'} + C,$$

C étant une constante. C'est une nouvelle forme du théorème d'Abel relatif à l'intégrale de troisième espèce.

» Lorsque $f = 0$ varie, la fonction $\Sigma\varpi - \Sigma\varpi_1$ est une fonction algébrico-logarithmique des coefficients de l'équation de la courbe, qui ne peut admettre comme singularités que les points A et A′. Mais, étant constante, elle est régulière en chacun de ces points. Par suite, si $f = 0$ tend à passer par l'un d'eux, la somme des parties principales des divers termes qui composent cette fonction a une limite déterminée. Ainsi, les sommations s'étendant aux seuls points d'intersection de la courbe $f = 0$ avec $F = 0$ et $F_1 = 0$ qui se rapprochent indéfiniment du point A, l'expression

$$\Sigma \log(x_i - a) - \Sigma \log(\xi_i - a)$$

a une limite.

» J'ai pu démontrer directement ce résultat, en me servant des propriétés du résultant de deux équations algébriques. J'en ai déduit une démonstration *élémentaire* du théorème d'Abel relatif à l'intégrale de troisième espèce.

» Une remarque analogue est applicable à l'intégrale de deuxième espèce, qui n'a d'autre singularité que le point $A(a, b)$ et qui devient infinie en ce point comme $\frac{1}{x-a}$. La somme des valeurs de cette intégrale ζ prises le long des chemins parcourus sur $F = 0$ par les mn points de rencontre avec $f = 0$ est, à une constante près, égale à l'expression $\frac{f'(a, b)}{f(a, b)}$, qui ne change pas si l'on remplace $F = 0$ par une autre courbe $F_1 = 0$ qui lui soit tangente au point A. Si, en particulier, $F_1 = 0$ est la tangente en A à la courbe $F = 0$, on peut prendre comme intégrale ζ_1 correspondante $\frac{1}{x-a}$, et l'on a la relation

$$(2) \qquad \sum_{i=1}^{i=mn} \zeta(x_i, y_i) = \sum_{i=1}^{i=n} \frac{1}{\xi_i - a} + C,$$

C étant une constante, à des multiples des périodes près. C'est une nouvelle forme du théorème d'Abel relatif à l'intégrale de seconde espèce.

» Quand $f = 0$ varie, la différence $\sum\zeta - \sum\zeta_1$ est une fonction algébrico-logarithmique des coefficients de l'équation de la courbe, qui ne peut admettre comme singularité que le point A. Mais, étant constante, elle est régulière en ce point A, et, par suite, $f = 0$ tendant à passer par A, la somme des parties principales des termes qui la composent a une limite. Les sommations s'étendant aux seuls points d'intersection de $f = 0$ avec $F = 0$ et $F_1 = 0$, qui se rapprochent indéfiniment du point A, l'expression

$$\sum \frac{1}{x_i - a} - \sum \frac{1}{\xi_i - a}$$

a une limite.

» Ce dernier résultat peut se démontrer directement par une méthode algébrique, et l'on peut en déduire ainsi une démonstration élémentaire du théorème d'Abel relatif à l'intégrale de seconde espèce.

» Les formes (1) et (2) du théorème d'Abel sont plus propres que les formes habituelles aux applications géométriques. Une raison en est que les seconds membres des relations (1) et (2) ont une signification à la fois projective et dualistique : dans le second membre de la relation (1), une quantité de la forme $\frac{\xi - a}{\xi - a'}$, peut s'exprimer au moyen d'un rapport anharmonique, et la valeur du second membre de la relation (2) ne dépend que de la position du pôle harmonique du point A par rapport au système des points de rencontre de la courbe variable avec la tangente en A. Une

seconde raison est qu'elles laissent apparaître le rôle de chacun des points de rencontre de la courbe $f = 0$ avec la droite AA′ ou avec la tangente en A. Or, le théorème d'Abel prend une forme illusoire quand la forme $F = 0$ varie en passant par un point singulier A ou A′. Mais, s'il est mis sous la forme (1) ou sous la forme (2), on pourra en déduire une relation non illusoire ayant lieu quand les courbes $f = 0$ varient en passant par le point singulier, moyennant certaines conditions de contact entre elles.

» Les considérations qui précèdent s'étendent à des cas plus généraux.

» *Si l'on considère une intégrale abélienne relative à la courbe* $F = 0$, *n'ayant comme singularités que des points en lesquels la partie principale est de la forme* $\frac{A}{x-a} + B\log(x-a)$, *les coefficients* A *et* B *étant indépendants de la courbe* $F = 0$ *assujettie seulement à passer par les points singuliers et à avoir des tangentes déterminées en ceux de ces points où le coefficient* A *n'est pas nul, la somme des valeurs prises par l'intégrale le long des chemins parcourus par les points de rencontre de* $F = 0$ *avec une courbe variable* $f = 0$ *est indépendante de la courbe* $F = 0$, *à une constante près.*

» Parmi les intégrales assujetties aux conditions précédentes, je citerai $\log R$, où R représente le rapport anharmonique de quatre rayons dont l'un va d'un point fixe à un point variable de la courbe; l'intégrale $\frac{1}{m-a}$, où a est une constante et m le coefficient angulaire du rayon qui va d'un point fixe à un point de la courbe, l'arc d'une courbe de direction, l'aire balayée par le rayon vecteur qui va d'un point fixe à un point variable de la courbe. On peut ainsi établir divers théorèmes dus à Liouville et à Laguerre. Il suffit ensuite d'y introduire les propriétés involutives des faisceaux linéaires ponctuels et tangentiels pour obtenir divers théorèmes de M. Humbert. On peut remplacer les courbes d'un faisceau linéaire par des courbes dont l'équation dépend entièrement d'un paramètre.

» Dans l'application aux aires, à la place du théorème de M. Humbert, j'obtiens les théorèmes suivants :

» *Étant données deux courbes osculatrices en tous leurs points à l'infini, rencontrées par une courbe variable, la différence entre les sommes des aires balayées par les rayons qui vont de l'origine aux points de rencontre avec l'une et avec l'autre est constante, à des multiples des périodes près.*

» *Étant donnée une courbe dont toutes les asymptotes sont d'inflexion, si on la coupe par une courbe variable dont l'équation dépend rationnellement et entièrement d'un paramètre, la somme des aires balayées par les rayons qui vont de l'origine aux points d'intersection est constante, si, toutes les fois que la*

courbe variable a une direction asymptotique commune avec la courbe donnée, elle a aussi l'asymptote commune avec elle.

» Les mêmes considérations générales s'appliquent aux courbes gauches rencontrées par des surfaces algébriques variables. »

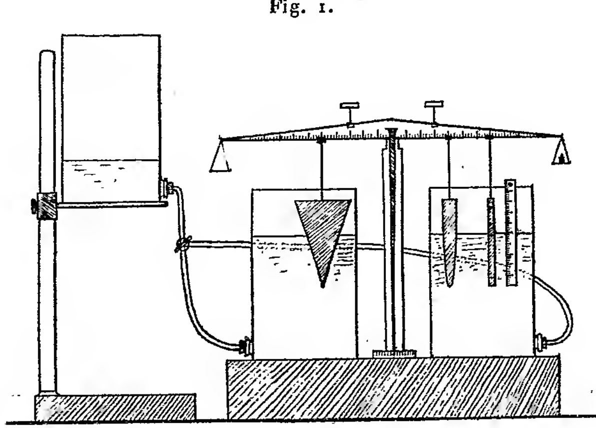
MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Sur une machine à résoudre les équations.* Note de M. **Georges Meslin**, présentée par M. Appell.

» L'appareil dont je donne ici la description et que j'ai réalisé permet de résoudre les équations numériques de la forme

$$px^n + p'x^{n'} + \ldots + p''x^{n''} = \text{A}.$$

» Il est constitué par un fléau de balance (*fig.* 1) sous lequel sont fixés par des tiges rigides une série de solides de révolution dont les axes sont verticaux, qui présentent une pointe à la partie inférieure et *dont la forme et les dimensions sont telles que le volume compris entre cette extrémité infé-*

Fig. 1.



rieure et un plan horizontal soit proportionnel à la puissance n^{ieme} ou $n'^{\text{ième}}$ de la distance du sommet au plan. Ces corps que nous appellerons, pour abréger, *solides d'ordre n ou n'*, et qu'on façonne une fois pour toutes, sont fixés sous le fléau à des distances respectivement proportionnelles à p, p', p'', à droite ou à gauche, suivant le signe du coefficient correspondant, et de manière que leur sommet soit dans un même plan horizontal, lorsque le fléau est lui-même horizontal.

» On équilibre la balance, puis l'on ajoute sur l'un des fléaux, à la distance prise pour unité, un poids égal à A, d'un côté ou de l'autre suivant

le signe de ce terme; l'équilibre est rompu, mais si l'on a disposé au-dessous du fléau un ou plusieurs vases communiquants contenant de l'eau dont on puisse élever le niveau, chacun des corps graduellement immergé reçoit une poussée croissante qu'il transmet au fléau et qui finit par le rendre horizontal, l'appareil restant constamment en prise pendant cette opération.

» Si l'on désigne par x la hauteur immergée à ce moment, les forces exercées sur les corps sont représentées par x^n, x'^n, $x^{n''}$; elles agissent à des distances p, p', p''; on a, d'autre part, une force A qui agit à la distance 1. En écrivant que la somme des moments des forces est alors nulle, on voit que la longueur x satisfait à la condition

$$px^n + p'x^{n'} + \ldots + p''x^{n''} = \mathrm{A};$$

cette hauteur mesurée sera donc solution de l'équation.

» Si, au lieu d'eau, on employait du mercure, la poussée serait 13,6 fois plus grande; l'effet serait le même que, si le liquide étant de l'eau, le solide était placé à une distance 13,6 fois plus grande; on pourra donc recourir à ce liquide si les coefficients ou certains d'entre eux étaient trop grands; on réduirait les distances dans le rapport de 13,6 à 1 en faisant plonger les solides correspondants dans du mercure, les éprouvettes contenant les liquides seraient placées sur une table mobile, les surfaces libres étant à la même hauteur, puis on élèverait le niveau de la table ou l'on descendrait le fléau comme dans la balance hydrostatique.

» FORME DES DIFFÉRENTS SOLIDES EMPLOYÉS. — **1.** *Solide d'ordre* 1. — Il répond à la condition $\mathrm{V} = kx$; il est constitué par une tige cylindrique dont les dimensions dépendent des unités employées; en évaluant les poids en décigrammes et les longueurs en centimètres, on trouve, pour le rayon de ce cylindre, 0,18.

» **2.** *Solide d'ordre* 2. — Il satisfait à l'équation $\mathrm{V} = kx^2$, k étant déterminé par la condition que le volume d'eau déplacé par la partie comprise entre $x = 0$ et $x = 1$ ait une masse de 0gr,1, c'est-à-dire soit de $\frac{1}{10}$ de centimètre cube; d'une part, le volume d'une tranche est $\pi y^2 dx$; on a, d'autre part, $2kx\,dx$ pour l'expression de la différentielle du volume; il en résulte

$$\pi y^2 dx = 2kx\,dx \qquad \text{ou} \qquad y^2 = \frac{2k}{\pi}x;$$

c'est l'équation d'une parabole à axe vertical; la constante k se détermine par l'équation

$$\int_0^1 \pi y^2 dx = 0,1 \qquad \text{ou} \qquad \int_0^1 \pi \frac{2k}{\pi} x\,dx = 0,1; \qquad \text{d'où} \qquad k = \frac{1}{10}.$$

» **3.** *Solide d'ordre* 3. — On a

$$\mathrm{V} = kx^3,$$

d'où

$$\pi y^2 dx = 3kx^2 dx \qquad \text{et} \qquad y = \sqrt{\frac{3k}{\pi}}\, x;$$

la courbe méridienne est une droite et ce solide est un cône de révolution; ce cône, facile à construire, ainsi que le cylindre, seront d'ailleurs suffisants pour résoudre l'équation du troisième degré réduite à la forme $x^3 + px + q = 0$.

» On trouve encore $k = \frac{1}{10}$ et l'on a, pour les éléments du cône : hauteur, $0^m,10$; diamètre de base, $0^m,0622$.

» 4. *Solide d'ordre n.* — On trouve, pour l'équation de la méridienne,

$$y^2 = \frac{nk}{\pi} x^{n-1} \qquad \text{avec} \qquad k = \frac{1}{10};$$

» Ainsi, pour l'équation du quatrième degré, on aura recours, en dehors des volumes précédents, au solide de révolution dont la méridienne est la parabole semi-cubique

$$y^2 = \frac{4}{10\pi} x^3.$$

» Ces solides peuvent être fabriqués en aluminium de manière à être légers et à pouvoir être travaillés au tour jusqu'à coïncidence parfaite avec le profil qu'on aura préalablement découpé; ce qui facilite leur exécution, c'est qu'il y a lieu de se préoccuper seulement du volume extérieur et nullement du poids ou de la matière interne; l'appareil permet d'ailleurs de vérifier l'exactitude de ces solides. Pour le cas où deux de ces corps devraient être placés sur le même fléau à la même distance, il est facile d'imaginer un raccord transversal convenable. Enfin, si l'adjonction de ces solides diminuait par trop la sensibilité en abaissant le centre de gravité, on obvierait à cet inconvénient en ajoutant deux masses supplémentaires au-dessus du fléau, à droite et à gauche de l'axe de suspension.

» J'ai réalisé ce dispositif avec une petite balance sensible dont les bras de fléau n'avaient que 12^{cm}; la *fig.* 1 montre cette balance avec les solides qui y sont fixés dans la position convenable pour résoudre l'équation

$$5x^3 - 4x^3 - 7x = A.$$

» Si l'on fait $A = 480$, cette équation a une solution comprise entre 4,9 et 5, que l'on trouve très exactement en ajoutant $0^{gr},480$ à la distance de 1^{cm}, ou 4^{gr} sur le petit plateau suspendu au bout du fléau, à 12^{cm} de l'axe. J'ai construit les solides sur une hauteur de 10^{cm} seulement, de manière à chercher les racines comprises entre entre 0 et 10; pour les racines plus grandes, on transformera l'équation de manière à réduire ces racines dans un rapport convenable, et si la longueur des bras du fléau devenait une

difficulté, on pourrait y obvier par l'emploi d'un liquide plus dense; pour les racines négatives, on fera aussi la transformation correspondante.

» Après avoir trouvé une solution, on pourra continuer à élever le niveau du liquide, l'équilibre sera d'abord détruit, mais en continuant jusqu'à ce qu'il soit de nouveau réalisé, on trouvera les racines successives; en passant par une racine simple, l'inclinaison du fléau changera de sens de part et d'autre de cette valeur; en passant par une racine double, il s'inclinera du même côté, de part et d'autre de la racine. On pourra même rétablir à chaque instant l'équilibre à l'aide de poids marqués, et étudier ainsi expérimentalement les variations de la fonction.

» La solution peut être lue sur la tige cylindrique ou sur une échelle fixée verticalement; il peut y avoir, par suite des phénomènes de capillarité, une petite incertitude pour la lecture du numéro de l'échelle divisée ([1]). On évite cette incertitude en mettant dans l'un des vases un flotteur, par exemple un aréomètre sur la tige duquel on mettra une graduation en millimètres; en visant cette graduation avec une lunette, on mesure la dénivellation avec une grande précision; j'ai constaté que, en répétant plusieurs fois l'expérience, le flotteur revenait au même point, à un dixième de millimètre près; ce qui permet de penser que, en construisant avec soin les solides employés, on pourrait, pour une telle équation, trouver, avec une approximation de un centième, les racines comprises entre 0 et 10. »

OPTIQUE. — *Sur la propriété de certains corps de perdre leur phosphorescence par la chaleur et de la reprendre par le refroidissement.* Note de M. **Gustave le Bon**, présentée par M. Poincaré.

« J'ai reçu de la fabrique de List (Hanovre) plusieurs échantillons de matières radio-actives ayant pour base le bromure de baryum et les ai étudiées au point de vue de la phosphorescence.

» Ces matières, du poids total de 6^{gr}, étaient enfermées dans quatre tubes de verre scellés à la lampe. Elles agissaient à travers leur enveloppe sur un électroscope à $0^m,70$ de distance. Posées sur le plateau même de l'instrument chargé à son maximum, elles le déchargeaient en six secondes.

([1]) Je reviendrai ultérieurement sur les effets capillaires exercés tout autour des solides immergés.

» Trois échantillons sur quatre possèdent une phosphorescence intense sans avoir été exposés à la lumière. Le quatrième ne présente aucune phosphorescence visible, mais il possède une phosphorescence invisible qu'on rend visible dans l'obscurité, en mettant son contenu sur une plaque métallique chauffée à 200°. Portée à la même température, la matière douée de phosphorescence visible s'éteint en quelques secondes, mais redevient phosphorescente dès qu'on la refroidit. En la portant de nouveau sur la plaque chauffée, elle s'éteint, puis brille encore par refroidissement, et cette série d'opérations peut être répétée indéfiniment. La matière douée de phosphorescence invisible et qui devient brillante vers 200°, s'éteint également très vite sous l'influence de cette température, mais ne brille pas de nouveau par le refroidissement. Elle ne commence à reprendre la propriété de devenir phosphorescente par la chaleur qu'après quelques heures de séjour dans l'obscurité. Elle ne la reprend complètement qu'au bout de deux ou trois jours.

» Ce phénomène nouveau de corps dont la phosphorescence s'éteint par la chaleur et se régénère par le refroidissement semble indiquer une série de réactions chimiques se formant et se détruisant sous l'influence de variations de température. L'intervention de réactions chimiques paraît également démontrée par le fait que toutes ces substances perdent leur phosphorescence par l'humidité et la reprennent par calcination. Si on les mélange avec un excès d'eau, on réduit leur action sur l'électroscope de plus de moitié. Cette même réduction s'observe d'ailleurs avec tous les corps radio-actifs.

» Pour appuyer cette hypothèse de l'influence des actions chimiques, j'ai recherché si d'autres corps ne pourraient pas également perdre et acquérir indéfiniment dans l'obscurité de la phosphorescence par variations de température et en même temps rendre les gaz conducteurs de l'électricité comme les corps dits radio-actifs.

» Parmi les corps possédant cette propriété, je citerai surtout le sulfate de quinine. Plaçons 1gr de cette substance, étalée en couche mince, sur une feuille de papier que nous mettrons ensuite dans l'obscurité absolue sur une lame de métal chauffée à 200°. La matière devient bientôt phosphorescente, puis s'éteint complètement en quelques minutes. Retirons la feuille de papier et posons-la sur un corps froid, le sulfate de quinine acquiert aussitôt une très vive phosphorescence qui dure pendant plus d'un quart d'heure et s'accroît notablement quand on projette l'haleine à sa surface. Quand la phosphorescence est éteinte, il n'y a qu'à reporter le sulfate de quinine sur la plaque chauffée pour le voir briller de nouveau, puis s'éteindre, et de nouveau encore briller par refroidissement. Comme pour le baryum radifère, cette série d'opérations, extinction de la phosphorescence par la chaleur, reviviscence par le refroidissement, peuvent être répétées indéfiniment. Si immédiatement après que le sulfate de quinine a été chauffé, nous le portons sur le plateau d'un électroscope, ou même à distance de ce plateau, on constate qu'il décharge l'instrument fort rapidement (14° environ en une

minute) [1]. Il perd sa propriété désélectrifiante au bout de deux ou trois minutes, et c'est là ce qui le distingue des autres corps radio-actifs qui ne la perdent que partiellement quand ils sont humectés.

» Nous nous trouvons donc ici en présence d'un corps dont les propriétés sont celles des composés de baryum radifère; mais alors que, dans ces composés, nous ne connaissons pas la réaction chimique qui donne peut-être naissance à la posphorescence par de faibles variations de température, la réaction chimique qui produit la phosphorescence du sulfate de quinine par échauffement et refroidissement est facile à déterminer. Au-dessus de 100°, ce corps se déshydrate. En se refroidissant, il s'hydrate immédiatement de nouveau. La phosphorescence accompagne l'hydratation et la déshydratation.

» Cet exemple d'une réaction chimique produisant à la fois de la phosphorescence et rendant l'air conducteur de l'électricité est loin d'être isolé. Des oxydations, même rapides, paraissent être sans action sur la conductibilité des gaz, comme on le démontre aisément en plaçant du sodium humecté d'eau sur l'électroscope, mais d'autres réactions rendent l'air conducteur d'une façon énergique. Si l'on place un fragment de phosphore blanc bien sec sur le plateau d'un électroscope, on n'observe aucune action, mais si, après avoir un peu raclé la surface de ce corps, on le recouvre d'une feuille de papier buvard humide, la décharge de l'électroscope est extrêmement rapide (40° en une minute). L'action est encore manifeste en plaçant le phosphore à 30^{cm} du plateau, et un électroscope, mis dans le voisinage du premier, se charge pendant que l'autre se décharge, ce qui montre bien que l'air a été rendu conducteur entre les deux.

» En dehors des radiations de phosphorescence visible ou invisible qui sont de même nature que la lumière ordinaire, les corps radio-actifs émettent, comme on le sait, d'autres radiations faciles a séparer des précédentes par le papier noir et dont la nature est encore indéterminée.

» Pour rechercher si ces dernieres se polarisent, j'ai fait les mêmes expériences que celles sur lesquelles je m'étais basé pour appuyer les doutes que j'ai formulés il y a près de trois ans sur la polarisation des rayons uraniques. Au procédé classique des tourmalines à axes croisés et parallèles, j'ai ajouté l'emploi d'une lame métallique dans laquelle on a découpé des raies très fines en croix, recouvertes d'une lame de spath d'Islande. Si l'on interpose ce système entre la lumière ordinaire et une plaque photographique on obtient, par suite de la double réfraction, un dédoublement des lignes qui indique la polarisation des rayons émergents. Rien de pareil ne s'observe avec les matières radifères quand on a éliminé l'action des rayons phosphorescents par l'interposition d'une feuille de papier noir.

» L'absence totale de polarisation et la différence très grande de propriétés des di-

---

[1] L'action s'exerce également à travers de minces écrans métalliques. Ce point sera développé dans un travail qui va paraître dans la *Revue scientifique*.

vers corps radifères, notamment au point de vue de l'absorption par les métaux, semblent bien indiquer que l'action qu'ils produisent est due à une émanation et nullement à une radiation. Le seul argument en faveur d'un rayonnement serait la propagation en ligne droite révélée par les images photographiques des objets rectilignes placés à quelque distance des corps radio-actifs, mais cet argument perd toute sa valeur si l'on considère qu'il suffit, pour que l'émission se conduise en apparence comme un rayonnement, que les particules émises par les corps radio-actifs soient animées d'une grande vitesse.

» Il est nettement démontré, en tout cas, par ce qui précède, que des réactions chimiques bien déterminées peuvent produire un des phénomènes les plus fondamentaux de la radio-activité; c'est-à-dire rendre l'air conducteur de l'électricité. J'ai démontré également, dans mes recherches antérieures, que ce phénomène pouvait être produit avec la plupart des corps par la lumière. La seule différence qu'on puisse établir nettement entre les corps est que les uns n'agissent que sous l'influence de la lumière visible, alors que d'autres peuvent manifester leur propriété dans l'obscurité, mais ce n'est là peut-être qu'une question de sensibilité des substances pour les diverses radiations lumineuses, puisqu'une enceinte obscure émet des radiations ne différant de la lumière visible que par leurs plus grandes longueurs d'onde ([1]). Pour quelques-uns des corps qui manifestent une action à la lumière ordinaire, tels que le magnésium récemment nettoyé, le cuivre récemment amalgamé, etc., la propriété de rendre l'air conducteur de l'électricité est, comme je l'ai fait voir au début de mes recherches sur la *lumière noire*, aussi intense que pour les substances radifères les plus actives. Pour d'autres corps l'action est fort lente, mais le phénomène n'en est pas moins général. »

ÉLECTRICITÉ. — *Vitesse de propagation des ondes électromagnétiques dans le bitume et le long de fils noyés dans le bitume* ([2]). Note de M. C. **Gutton**, présentée par M. Poincaré.

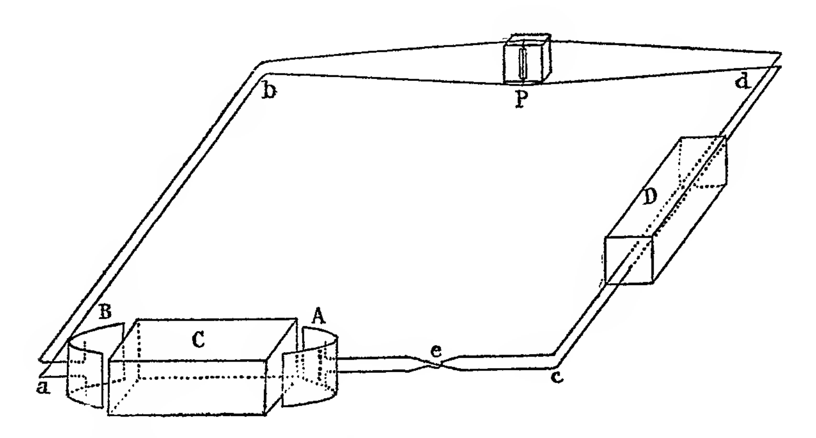
« Je me suis proposé de rechercher si, lorsque des ondes électromagnétiques se propagent dans un milieu dont la constante diélectrique est différente de l'unité, leur vitesse est la même quand elles se propagent

([1]) Je montrerai dans une prochaine Note que des radiations obscures de grande longueur d'onde ajoutées aux radiations obscures émises par un corps doué de phosphorescence invisible peuvent se transformer aisément en lumière visible.

([2]) Travail fait au laboratoire de Physique de la Faculté des Sciences de Nancy.

librement dans ce milieu et quand elles sont guidées par des fils. J'ai employé une méthode analogue à celle qui m'a servi à constater l'égalité des vitesses dans l'air ([1]).

» Un oscillateur est formé de deux fragments de fils de laiton en prolongement l'un de l'autre et entre lesquels une étincelle jaillit dans l'huile de vaseline. Il est chargé par deux étincelles d'accès qui éclatent dans l'air entre ses extrémités et deux fils reliés aux pôles d'une bobine d'induction. L'oscillateur est fixé verticalement sur la ligne focale d'un miroir parabolique A en zinc, ayant 40^{cm} d'ouverture, $4^{cm},8$ de distance



focale et $13^{cm},5$ de hauteur. Un second miroir B placé à 110^{cm} du premier reçoit les ondes et les concentre sur deux tiges de cuivre de $3^{cm},7$ de longueur disposées suivant la ligne focale. Les extrémités en regard de ces tiges sont réunies à deux fils de transmission en cuivre de $0^{cm},1$ de diamètre, distants de $1^{cm},2$. Cette ligne (a, b) traverse le miroir B, se replie deux fois à angle droit et amène les ondes jusqu'à un pont P. Un second système d'ondes, pris à l'oscillateur par deux tiges de cuivre placées entre ce dernier et le sommet du miroir A, se propage le long de fils de cuivre (c, d) jusqu'au même pont P. Les deux lignes ont une longueur totale de $11^{m},10$.

» Le pont P peut être déplacé le long des fils. Il est fixé devant une boîte en zinc percée d'une fente parallèle au pont. Cette boîte contient un cohéreur, constitué par un tube de verre rempli de vis en fer ([2]). Les ondes n'agissent pas directement sur le cohéreur, mais sur une petite lame de cuivre, qui est placée immédiatement derrière la fente percée dans la paroi de la boîte et communique avec une des électrodes du cohéreur. Le cohéreur est relié à une pile et à un galvanomètre enfermés dans une seconde boîte; un tube de plomb qui réunit les deux boîtes contient les fils qui font communiquer le cohéreur avec la pile et le galvanomètre.

» Les deux fils de la ligne (A, c, d, P) sont croisés en (l); il en résulte que, quand le pont est dans une position telle que les deux systèmes d'ondes mettent le même

([1]) *Comptes rendus*, t. CXXVIII, p. 1508; 1899.

([2]) Drude, *Wied. Ann.*, t. LXV, p. 481; 1898.

temps pour arriver de l'oscillateur jusqu'à lui, ces deux systèmes d'ondes interfèrent et leurs actions sur le cohéreur se détruisent.

» On produit une étincelle à l'oscillateur en manœuvrant à la main l'interrupteur à mercure de la bobine. Les ondes qui prennent naissance diminuent la résistance du cohéreur et le galvanomètre dévie. En déplaçant le pont le long des fils, on trouve une position pour laquelle la déviation du galvanomètre est minimum; cette position correspond à l'arrivée simultanée des deux systèmes d'ondes.

» Jusqu'ici la propagation s'est faite dans l'air; j'intercale maintenant entre les deux miroirs un bloc de bitume C de 100^{cm} de long, 50^{cm} de large et 20^{cm} de haut, et en même temps, sur la ligne suivie par le second système d'ondes, je remplace 100^{cm} de fils dans l'air par une égale longueur de fils noyés dans un bloc de bitume D de 100^{cm} de long, 5^{cm} de large et 5^{cm} de haut. Je cherche la nouvelle position que doit occuper le pont pour que les ondes y arrivent encore au même instant. On la trouve la même, à moins de 1^{cm} près, que dans la première expérience. J'ai employé successivement, dans ces expériences, deux oscillateurs donnant des ondes de 14^{cm} et de 30^{cm} de longueur.

» Pour avoir une idée de la précision avec laquelle l'expérience précédente vérifie l'égalité des vitesses, j'ai comparé séparément la vitesse de propagation dans l'air à la vitesse dans le bitume et à la vitesse le long de fils noyés dans le bitume. J'ai cherché, à cet effet, les positions du pont qui correspondent à l'arrivée simultanée des deux systèmes d'ondes, d'abord lorsque tous deux se propagent dans l'air, puis lorsque l'un traverse seulement 1^{m} de bitume.

» La distance entre les deux positions du pont est la moitié du retard qu'éprouve l'un des systèmes d'ondes quand, au lieu de traverser de l'air, il traverse une longueur égale de bitume; un déplacement du pont allonge, en effet, l'une des lignes, tandis qu'il raccourcit l'autre de la même quantité. De ce retard on peut déduire, comme on le fait en Optique, l'indice de réfraction du bitume. J'ai trouvé pour cet indice 1,870 lorsque le bitume est traversé librement par les ondes, et 1,885 lorsque les ondes se propagent le long de fils noyés dans le bitume. La différence entre ces deux nombres correspond à une différence de vitesses inférieure à $\frac{1}{120}$ de la valeur de cette vitesse. Cet écart est assez petit pour pouvoir être attribué, en partie aux erreurs d'expérience, en partie à ce qu'il est impossible d'obtenir l'homogénéité et l'identité parfaite des deux blocs de bitume.

» Des expériences précédentes, on peut donc conclure que, *dans le*

bitume, les ondes électromagnétiques se propagent avec la même vitesse, qu'elles soient ou non guidées par des fils.

» Des considérations d'homogénéité permettent de prévoir ce résultat, dans le cas où le milieu diélectrique, comme le bitume, n'est pas conducteur et ne présente pas d'absorption sensible pour les radiations électriques; où, de plus, les oscillations sont assez rapides pour que la conductibilité des fils métalliques n'intervienne pas. Les propriétés électriques et magnétiques du milieu diélectrique sont alors complètement déterminées par sa perméabilité électrique ε et sa perméabilité magnétique μ. Le rapport de la vitesse de propagation sans fils V_1, à la vitesse de propagation le long des fils V_2 ne pourra dépendre que de ε et de μ. $\frac{V_1}{V_2} = f(\varepsilon, \mu)$. Dans le système électromagnétique, μ est un nombre, ε a les dimensions $L^{-2}T^2$. $\frac{V_1}{V_2}$ étant un nombre, $(f(\varepsilon, \mu)$ devra être également un nombre et sera, par suite, indépendant de ε. En raisonnant dans le système électrostatique, on trouve que $\frac{V_1}{V_2}$ ne peut dépendre que de μ. Le rapport des vitesses ne dépend plus alors du milieu et a la même valeur que pour l'air, c'est-à-dire l'unité. Il est évident que, pour les milieux où il faut faire intervenir la conductibilité et l'absorption, le raisonnement précédent cesse d'être applicable. »

ÉLECTRICITÉ. — *Sur la production des fantômes électrostatiques dans les plaques sensibles.* Note de M. **W. Schaffers**, présentée par M. Mascart.

« On peut obtenir directement un fantôme électrostatique très net sur une plaque photographique ordinaire, voilée ou non voilée. Les plaques du commerce, au lactate d'argent, se prêtent le mieux à cette expérience; les plaques au bromure conviennent aussi. Deux aiguilles reliées à une machine d'induction servent de pôles. L'aiguille positive est appuyée sur la couche sensible; la négative doit en être distante d'un demi-millimètre environ. En effet, si elle vient à la toucher, les globules ambulants de M. Stéphane Leduc arrêtent le développement du fantôme. Enfin, pour faciliter l'action, on peut mettre une lame de métal sous le verre.

» Dans ces conditions, les lignes de force se dessinent peu à peu par un grand nombre de petits traits noirs qui ressemblent à des flèches allant du pôle positif au pôle négatif et qui se résolvent au microscope en une foule

de ramifications. Ces traits ne sont pas dissous dans le bain d'hyposulfite de sodium, ce qui permet de rendre la plaque transparente et de prendre des copies directes de l'image. On n'a besoin d'aucun révélateur, puisque les traits viennent immédiatement en noir et que l'opération se fait en pleine lumière. Avec les plaques du commerce, l'action est lente; mais on peut la rendre beaucoup plus rapide en diminuant la proportion de gélatine dans la plaque. On réussit mieux encore avec le bromure d'argent finement broyé dans quelques gouttes de gomme arabique, de sucre, d'amidon, d'albumine, etc. Une bonne image de format 13×18 n'exige par cette méthode que cinq à dix minutes. Seulement, ces substances étant solubles, il n'est plus possible de faire subir un traitement ultérieur à la plaque.

» D'après mes observations, la formation des traits noirs commence par la fusion du bromure et du véhicule inerte, et par la carbonisation partielle de celui-ci. Si l'action du champ se prolonge suffisamment, comme c'est généralement le cas dans le développement des fantômes, le bromure se réduit.

» En remplaçant les sels d'argent par l'iodure d'or, on obtient un fantôme d'aspect tout différent. Il est formé de traits bruns continus, qui communiquent entre eux par de nombreuses dérivations. Souvent son développement est presque instantané. Dans l'amidon, il est parfois violet; c'est sans doute du protoxyde d'or. Celui du glucose, dans certains cas, est évidemment de l'or métallique.

» Les sels d'or se prêtent difficilement à la préparation d'une plaque convenable. En outre, il n'est guère possible de fixer les images qu'ils donnent.

» Ces résultats semblent présenter de l'intérêt au point de vue de l'exploration des champs électriques. Je cherche à augmenter, dans ce but, la sensibilité de la réaction. »

ÉLECTRICITÉ. — *Sur l'influence du fer sur la décharge d'un condensateur à travers une bobine de self-induction.* Note de M. **G.-A. Hemsalech** [1], présentée par M. Lippmann.

« Dans mes recherches sur les spectres des étincelles oscillantes, j'ai remarqué qu'en introduisant un noyau de fer dans la bobine de self-induc-

(1) Travail fait au laboratoire des Recherches physiques, à la Sorbonne.

tion, le spectre était sujet à des changements considérables, surtout en ce qui concernait son éclat. Il semblait donc que le caractère oscillatoire de l'étincelle avait subi des changements. En effet, avec un miroir tourné à la main, je ne pouvais plus percevoir les oscillations. Lord Rayleigh ([1]) a montré que lorsque ces oscillations sont aussi rapides, le fer ne peut pas s'aimanter d'une manière simple à cause des courants en sens inverse qui circulent dans la surface extérieure du fer et qu'au lieu d'augmenter la self-induction du circuit, il la diminue.

» Pour démontrer cette influence du fer d'une manière très nette, je me suis servi du dispositif suivant : Dans le circuit extérieur d'un condensateur étaient insérés une bobine de self-induction, un tube de Geissler et deux électrodes entre lesquelles éclatait l'étincelle.

» La bobine de self-induction consiste en huit couches de fil de 150 tours chacune; sa longueur est de 50^{cm} et son diamètre intérieur de 5^{cm}. Le condensateur, qui consiste en deux grandes bouteilles de Leyde, a une surface totale d'environ 1^{mq}; il est en dérivation sur une bobine de Ruhmkorff ou sur une machine statique de Wimshurst. L'étincelle avait de 1^{mm} à 3^{mm} de longueur. En faisant passer le courant maintenant la décharge est oscillante et dans le tube de Geissler qui s'illumine on ne peut pas distinguer la polarité à cause des inversions rapides. Le renversement du courant dans le primaire de la bobine de Ruhmkorff ne change rien à l'aspect de la décharge. Si maintenant on introduit progressivement un noyau de fer dans la bobine de self-induction, les oscillations diminuent d'abord de nombre et finalement sont détruites. Ces transformations sont admirablement signalées par le tube de Geissler. On voit les deux pôles pour ainsi dire se différencier et s'établir définitivement chacun dans une des extrémités du tube, et les stratifications caractéristiques se présentent très nettement.

» En renversant le courant dans le primaire de la bobine de Ruhmkorff la polarité dans le tube de Geissler est également renversée.

» On obtient la même transformation de la décharge par l'insertion d'une résistance d'eau dans le circuit. On sait que dans ce cas la décharge devient intermittente, et il n'est pas impossible qu'une self-induction à noyau de fer produise le même effet. En effet, les spectres que l'on obtient avec une self-induction à noyau de fer ressemblent beaucoup à ceux que l'on obtient avec une résistance d'eau, comme il a été observé

([1]) Oliver Lodge, *Modern views of Electricity*, p. 423.

déjà par Thalén ([1]). Il semble donc que l'action du fer est analogue à celle d'une forte résistance. L'introduction d'un noyau de cuivre n'a produit aucun changement observable. »

ÉLECTRICITÉ. — *Sur les particularités optiques des tubes de Geissler sous l'influence d'un champ magnétique*. Note de MM. N. **Egoroff** et N. **Georgiewsky**, présentée par M. A. Cornu.

« Dans une Note présentée à l'Académie le 3 mai 1897, « Sur la polarisation partielle des radiations émises par quelques sources lumineuses, sous l'influence du champ magnétique », nous avons mentionné, entre autres, que les raies de l'hydrogène et de l'hélium dans les tubes de Geissler ne nous ont pas offert de résultats définitifs.

» Les recherches publiées récemment par M. Dongier aux *Comptes rendus*, p. 244 et 650, nous engagent à présenter à l'Académie les résultats de nos expériences de 1897 ainsi que de celles que nous avons exécutées dernièrement, nous proposant d'éclaircir les particularités des phénomènes remarquées depuis longtemps, mais non publiées jusqu'ici.

» Les expériences de 1897 ont offert les résultats suivants :

» I. Dans les tubes de Geissler, hydrogène, hélium, iode placés verticalement dans un plan équatorial entre les pôles d'électro-aimant, la polarisation partielle des rayons émis équatorialement ne fut observée que quand le filet lumineux était rejeté par le champ magnétique vers le côté du tube opposé à l'observateur, c'est-à-dire au cas où il existait une correspondance convenable entre la direction du champ et celle de la décharge.

» II. Nous avons observé aussi la polarisation partielle dans la direction axiale ([2]), mais tout à fait indépendamment de la direction du champ et de la décharge.

» III. Nous n'avons observé aucune polarisation des rayons émis équatorialement par le tube de Geissler (à l'hydrogène), quand il fut disposé dans la direction du champ magnétique.

» IV. La compensation, avec une lame de verre, de la polarisation de la lumière émise dans la direction équatoriale, nous a démontré que la pola-

---

([1]) Hasselberg, *Journal de Physique*, mars 1900.

([2]) Nous n'avions jamais remarqué ce phénomène ni dans les flammes de Bunsen, ni dans les étincelles d'induction.

risation était du genre de celle que nous pourrions avoir à l'aide de la réflexion par la surface intérieure du tube la plus éloignée de l'observateur.

» Les résultats de nos dernières expériences peuvent être résumés de la manière suivante :

» V. Le plan de polarisation des rayons pris dans le sens équatorial est horizontal (comme par réflexion), tandis que le plan de polarisation dans la direction axiale du champ magnétique est vertical (comme par réfraction).

» VI. La polarisation partielle n'existe ni dans la direction équatoriale, du côté où le filet lumineux touche la surface intérieure du tube (les rayons traversent le tube sous un angle assez petit ou normalement), ni dans une direction définie et voisine de l'axe du champ (évidemment par suite de combinaisons des rayons polarisés dans des plans perpendiculaires).

» VII. L'influence du champ magnétique sur la lumière émise par les tubes étudiés est secondaire, à notre avis, c'est-à-dire que cette influence se manifeste seulement dans le déplacement du filet lumineux, dans la variation de la résistance électrique et de l'intensité des radiations.

» VIII. Les expériences, sans l'électro-aimant, avec les décharges électriques dans l'air atmosphérique entre les électrodes disposées à l'intérieur d'un tube vertical (2^{mm}-8^{mm} de diamètre intérieur) et qu'on pouvait déplacer facilement dans les différentes parties de la même section horizontale, nous ont offert les phénomènes auxquels on pouvait s'attendre d'avance. En effet, en examinant successivement de tous les côtés la lumière de la décharge électrique à l'aide du polariscope de Savart, quand cette décharge glissait le long de la surface intérieure du tube, nous observions toujours les mêmes phénomènes et leur dissymétrie, sur lesquels insiste M. Dongier dans ses dernières recherches sur la lumière polarisée émise par le tube de Geissler soumis au champ magnétique.

» IX. Une simple expérience avec une petite flamme du gaz mise dans l'intérieur du tube en verre vertical (son diamètre intérieur était 35^{mm}, l'épaisseur des parois de 8^{mm}) nous a permis de reproduire les phénomènes décrits, en nous démontrant leur dépendance de la forme, des dimensions du tube et de la position de la source lumineuse à l'intérieur du tube et en expliquant, d'une manière assez concluante, les particularités optiques dans les tubes de Geissler en marche soumis à l'action du champ magnétique. »

ÉLECTRICITÉ. — *Sur l'emploi de nouveaux radio-conducteurs pour la Télégraphie sans fil.* Note de M. **C. Tissot**, présentée par M. Lippmann.

« Dans les expériences que nous avons poursuivies à Brest l'an dernier, nous avons pu obtenir des communications très nettes par télégraphie sans fil entre Ouessant et la côte (22^{km}), en faisant usage des tubes à limaille de M. Branly et d'appareils réalisés avec le concours de M. Ducretet. Nous avons pu donner à ces tubes la sensibilité voulue par l'emploi de limailles de nickel oxydé ou d'acier (acier chromé ou acier au tungstène); malheureusement, cette sensibilité était peu durable, et parfois même variable dans le cours d'une même expérience.

» En outre, le réglage des tubes ne laissait pas que d'être assez délicat.

» Nous avons réussi à modifier ces radio-conducteurs de manière à accroître notablement leur sensibilité moyenne tout en augmentant énormément leur durée, et à obtenir une sécurité complète de réception des signaux.

» La modification, très simple, consiste en principe à placer le radio-conducteur dans un champ magnétique dont les lignes de force sont parallèles à l'axe du tube. Le tube doit contenir de la limaille magnétique, acier de différentes variétés, nickel, cobalt. Les électrodes peuvent être constituées soit par un métal magnétique, soit par un métal non magnétique (argent ou platine par exemple). Les résultats généraux restent sensiblement les mêmes, quels que soient les procédés employés pour créer le champ et orienter les grains de limaille.

» On peut, par exemple, soit se servir d'électrodes d'acier légèrement aimanté à l'avance, soit employer des électrodes de fer doux placées dans des bobines, soit employer un aimant permanent, un petit fer à cheval, pour créer le champ voulu.

» Un procédé commode pour l'observation consiste à se servir d'électrodes non magnétiques, et à placer le tube tout entier entre les pièces polaires d'un électro de Ruhmkorff faiblement excité.

» On constate d'abord qu'il est possible d'écarter énormément les électrodes du tube sans cesser d'obtenir un radio-conducteur sensible. La distance des électrodes du tube ordinaire varie de $0^{mm},5$ à 1^{mm} environ.

» Avec un champ magnétique assez faible, on peut écarter les électrodes à 6^{mm} ou 8^{mm} l'une de l'autre.

» Un pareil tube, à électrodes scellées, ne s'impressionnait en l'absence du champ qu'à une distance de $0^{m},15$ d'une sonnerie qui, excitée par un élément Leclanché, donnait une étincelle d'extra-courant. Avec un champ convenable, le même tube devenait sensible à $3^{m},50$ dans les mêmes conditions.

» Le retour par choc demeure aisé lorsque le champ n'est pas trop intense. Il reste d'ailleurs, toutes choses égales, d'autant plus facile à obtenir que le courant qui parcourt le tube est plus faible.

» En se servant de tubes à électrodes magnétiques, fer doux ou nickel, il est commode, pour l'application à la télégraphie, de créer le champ en disposant au-dessus du tube un petit aimant en fer à cheval. En éloignant ou rapprochant cet aimant, on fait varier le champ à volonté et on obtient la sensibilité voulue. On obtient ainsi aisément des tubes sensibles à 5^{m} et 6^{m} de la sonnerie type ([1]). Ces tubes, dont le retour à la résistance primitive est net, se conservent fort longtemps sans altération, surtout si l'on a pris soin d'en chasser complètement l'humidité.

» De pareils tubes nous ont permis de recevoir des signaux du *Masséna*, bâtiment de l'escadre du Nord, à une distance de 18 milles (33^{km}) avec des antennes de 30^{m} seulement.

» Nous avons pris des radiographies de ces tubes qui montrent nettement quelle est la disposition de la limaille capable d'assurer à la fois la sensibilité et la stabilité du radio-conducteur.

» L'action du champ paraît d'ailleurs purement mécanique et se comprend aisément sans faire appel à aucun phénomène nouveau. Elle est intéressante au point de vue de l'application à la télégraphie sans fil, à cause de la facilité de réglage qu'elle permet d'obtenir, même avec des tubes à électrodes scellées dont on peut amener aisément la sensibilité au point voulu.

» En supprimant le champ, le tube est ramené à sa résistance primitive par un choc extrêmement léger (des trépidations imprimées à l'appareil suffisent même), de sorte qu'en produisant le champ auxiliaire à l'aide d'un électro commandé par un relais, on arrive à obtenir un récepteur très sensible où le frappeur peut être supprimé. »

([1]) Pour obtenir les communications d'Ouessant au littoral, nous avons fait usage de tubes sensibles à 2^{m} de la sonnerie type.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur l'auto-décohération du charbon, et sur l'application de cette découverte aux appareils téléphoniques pour recevoir les signaux de la Télégraphie sans fils*. Note de M. **Thomas Tommasina**, présentée par M. A. Cornu.

« Dans ma Note à l'Académie, du 13 mars 1899, j'avais décrit un cohéreur très sensible à charbon pouvant perdre par la seule interruption du courant, sans aucun choc, la conductibilité acquise par l'action des ondes sur son circuit. C'était la production de chaînes de grains de charbon qui m'avait conduit à ce résultat.

» Des expériences nouvelles que je viens de faire dans ce champ m'ont permis de constater un fait qui, à ma connaissance, n'a pas encore été signalé. C'est l'auto-décohération d'une certaine poudre de charbon. J'entends par auto-décohération la disparition immédiate de l'adhérence des grains après l'action de chaque onde hertzienne, sans l'intervention d'aucune action, même électrique, comme était celle d'interrompre le courant.

» La poudre de charbon dont je me suis servi est celle des microphones des stations téléphoniques suisses. J'en avais introduit une très petite pincée entre deux charbons cylindriques de 5^{mm} de diamètre, qui entraient à frottement doux dans un tube de verre. On pouvait ainsi aisément serrer plus ou moins la poudre entre les charbons dont les extrémités avaient été coupées et polies.

» Après de nombreux essais j'ai pu obtenir la décohération automatique, mais très irrégulièrement, car bien souvent il fallait recourir au choc ou à l'interruption du courant.

» Présumant que l'inertie du relais pouvait être la cause de cette marche irrégulière, et, d'autre part, pensant que si j'arrivais à obtenir une décohération automatique, le relais et la deuxième batterie devenaient absolument inutiles, je les ai ôtés. A leur place j'ai simplement intercalé dans le circuit du cohéreur un récepteur téléphonique.

» Le résultat de ce changement fut très bon, mais il y avait encore des cohérations durant quelques secondes ou fractions de seconde qui disparaissaient toujours sans choc.

» J'ai eu alors l'idée de construire un cohéreur de forme spéciale, pouvant être placé dans l'étui même du téléphone. J'ai découpé dans une

feuille d'ébonite de $2^{mm},5$ d'épaisseur, un rectangle de 12^{mm} sur 15^{mm}, j'ai percé un trou central bien net de 2^{mm} de diamètre, et ai fait à la lime une entaille au milieu de chaque face de l'ébonite parallèlement au plus long côté du rectangle. Un fil de maillechort de 2^{mm} d'épaisseur, recouvert de soie, a été passé dans l'ouverture et dans les entailles et serré en boucle; un second fil identique a été fixé de même en face du premier. Les deux fils avaient été mis à nu et polis préalablement, mais seulement dans la partie passant dans le trou. Celui-ci fut fermé d'un côté par une lamelle de mica bien mastiquée sur l'ébonite, et ensuite rempli presque entièrement par de la poudre de charbon bien desséchée. Une deuxième lame de mica fut appliquée de même sur l'autre face de l'appareil, formant ainsi un cohéreur dont les électrodes étaient constituées simplement par les deux fils de maillechort en contact avec la poudre à une distance de 1^{mm} environ l'un de l'autre.

» J'ai dévissé le couvercle du récepteur téléphonique, coupé le fil de l'électro-aimant intérieur et intercalé le cohéreur, le plaçant de façon qu'il ne touchât pas la lame vibrante.

» Lors des essais il a marché parfaitement avec un seul élément de pile sèche et il s'est trouvé d'une sensibilité égale sinon supérieure aux meilleurs récepteurs à limailles. La cavité du cohéreur étant, comme j'ai dit, presque remplie de poudre de charbon, ce récepteur agit également bien dans toutes les positions. On entend un choc très net à chacune des étincelles de l'oscillateur, quelle que soit d'ailleurs leur rapidité, en appliquant l'oreille au téléphone ainsi modifié.

» La poudre de charbon remplaçant la limaille métallique, outre l'avantage incontestable de l'auto-décohération, donne au cohéreur une inaltérabilité qui lui assure un fonctionnement régulier, même avec un courant assez énergique, comme celui de trois accumulateurs en tension. J'espère pouvoir ainsi faire enregistrer les signaux par un appareil Morse inséré dans le circuit même du cohéreur, procédé qui résoudrait le problème de la transmission rapide des signaux par ondes hertziennes.

» En plus de cette application d'une utilité pratique indéniable, je pense que l'auto-décohération du charbon confirme les conclusions sur le phénomène des cohéreurs, que j'ai eu l'honneur de communiquer l'an dernier à l'Académie [1]. »

---

[1] *Comptes rendus* du 3 juillet 1899.

PHYSIQUE. — *Sur un nouvel élément radio-actif : l'actinium* (¹). Note de M. A. **Debierne**, présentée par M. Becquerel.

« J'ai montré, dans une précédente Communication (²), qu'il existait, dans les résidus de traitement de la pechblende, à côté du radium et du polonium découverts par M. et Mme Curie, une nouvelle matière radio-active appartenant au groupe du fer; j'ai indiqué, de plus, que cette matière était précipitée par les réactifs principaux du titane.

» Depuis cette Communication, j'ai continué mes recherches en vue de l'obtention de ce corps et j'ai constaté que le titane ne l'entraînait pas dans toutes ses réactions.

» En dehors des réactions communes à tous les éléments du groupe du fer (précipitation par l'ammoniaque, le sulfhydrate d'ammoniaque, la soude, le carbonate de soude, etc.), les procédés suivants paraissent être les meilleurs pour concentrer la nouvelle matière :

» 1° Précipitation des solutions bouillantes, légèrement acidulées par l'acide chlorhydrique, par l'hyposulfite de sodium en excès : la propriété radio-active se trouve presque entièrement retenue par le précipité.

» 2° Action de l'acide fluorhydrique et du fluorure de potassium sur les hydrates fraîchement précipités en suspension dans l'eau ; la portion dissoute est peu active et l'on peut séparer le titane par ce procédé.

» 3° Précipitation de la solution neutre des azotates par l'eau oxygénée. Le précipité entraîne le corps radio-actif.

» 4° Précipitation des sulfates insolubles : chaque fois que l'on précipite un sulfate insoluble, sulfate de baryte par exemple, dans une solution renfermant ce corps, il est entraîné et le précipité est fortement radio-actif. Ce procédé qui m'a été très utile est, comme on le voit, tout à fait différent de ceux employés généralement pour la séparation des éléments.

» L'acide oxalique, qui précipite bien la matière radio-active avec les terres rares, lorsque celles-ci sont en fortes proportions, semble beaucoup moins efficace lorsqu'il y a beaucoup d'éléments non précipitables.

» Ces différentes réactions ne peuvent pas encore être considérées comme appartenant en propre à la nouvelle matière radio-active, car jusqu'ici elle n'a pu être obtenue suffisamment concentrée; je crois plutôt

(¹) Travail fait au laboratoire de Chimie-Physique, à la Sorbonne.

(²) *Comptes rendus*, 16 octobre 1899.

qu'il faut envisager ces réactions comme résultant d'entraînements analogues à celui de l'oxyde de fer par le sulfate de baryte.

» En utilisant, d'une façon méthodique, les différents procédés décrits plus haut, j'ai pu extraire des résidus de la pechblende la plus grande partie de la nouvelle substance qui y était contenue.

» Les réactions chimiques de la matière la plus active que j'aie pu obtenir, et l'examen spectroscopique qu'a bien voulu faire M. Demarçay, montrent qu'elle est constituée en majeure partie par du thorium. Je ne puis assurer cependant qu'elle suivra le thorium dans toutes ses réactions.

» Si l'on ajoute à une dissolution de cette substance un sel de baryum ou de bismuth, on peut très facilement, par l'action de l'ammoniaque ou de l'hydrogène sulfuré, éliminer ceux-ci sans qu'ils entraînent avec eux la propriété radio-active. Cette propriété ne provient donc ni du radium ni du polonium; je supposerai qu'elle est due à la présence d'un nouvel élément radio-actif que j'appellerai l'*actinium*.

» On peut produire, avec les rayons émis par l'actinium, les mêmes phénomènes (fluorescence du platino-cyanure de baryum, impression photographique, ionisation des gaz) qu'avec les rayons émis par le radium ou le polonium.

» De même, j'ai pu répéter avec ce corps les expériences de MM. Giesel, Meyer et v. Schweidler, et Becquerel (¹) sur l'action d'un champ magnétique; sous l'influence d'un champ magnétique intense, les rayons de l'actinium, ou plutôt une partie de ces rayons, sont déviés et peuvent venir impressionner une plaque photographique située au-dessous d'une coupelle en plomb contenant la matière. La déviation est de même sens que celle des rayons du radium ou des rayons cathodiques; c'est-à-dire qu'elle correspond à une charge négative des rayons.

» Enfin, l'actinium provoque très faiblement la radio-activité induite permanente, découverte, par M. et Mme Curie, sur les corps placés au contact ou dans le voisinage.

» On sait que les composés du thorium sont légèrement radio-actifs; on voit de plus, d'après ce qui précède, que l'actinium semble être un élément voisin du thorium, on peut donc supposer que la propriété radioactive observée dans les composés du thorium n'appartient pas à cet élément, mais est due à une substance étrangère. De récentes expériences

---

(¹) GIESEL, *Wied. Ann.*, t. LXIX, p. 834; N. MEYER et v. SCHWEIDLER, *Physikalische Zeitschrift,* t. I, p. 113; BECQUEREL, *Comptes rendus*, t. CXXIX, p. 996.

sur la radio-activité du thorium, faites par M. Rutherford ([1]), peuvent également conduire à la même supposition. Je me propose donc de rechercher s'il est possible, en utilisant les réactions décrites plus haut, de priver les composés du thorium de la propriété radio-active, ou si l'on peut extraire de ces composés une substance identique à l'actinium extrait de la pechblende. »

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Solubilité d'un mélange de sels ayant un ion commun.* Note de M. **Charles Touren** ([2]), présentée par M. Troost.

« La solubilité d'un sel est modifiée à température constante, si l'on ajoute à la solution diverses proportions d'un autre sel ayant un ion commun avec le premier, et par suite ne pouvant donner avec lui aucun échange chimique. Le cas des sels peu solubles a été traité théoriquement par M. Nernst ([3]), puis étudié expérimentalement par M. Nernst et par M. Noyes ([4]). J'ai repris cette étude sur des sels très solubles, pour voir dans quelles limites peuvent s'appliquer les lois de la dissociation électrolytique.

» I. *Azotate et chlorure de potassium.* — 1° Le problème peut se poser ainsi : trouver la solubilité de l'azotate de potassium dans des solutions de chlorure de concentrations croissantes, maintenues toutes à une même température fixe. Les solutions de chlorure sont mises au contact d'un grand excès de nitrate solide, placées dans un thermostat avec régulateur, dont la température est maintenue constante à $\frac{1}{10}$ de degré près, et agitées par un dispositif mécanique. Les prises d'essai pour les analyses sont faites dans le thermostat même, et l'on s'assure par plusieurs analyses successives que l'équilibre est bien établi. Quand l'opération est terminée, on dose la somme des deux sels par évaporation, et le chlorure seul par une solution titrée d'argent.

» Pour chaque série d'expériences, je prends le nombre de molécules de chaque sel contenues dans 1^{lit} de la solution. J'ai fait deux séries d'expériences.

([1]) Rutherford, *Philosophical Magazine.*

([2]) Travail fait au laboratoire de Chimie de l'École Normale supérieure.

([3]) Nernst, *Zeitschrift für physikalische Chemie*, t. IV, p. 372; 1889.

([4]) Noyes, *ibid.*, t. VI, p. 241; 1890.

Première série. — *Température :* 14°,5.

Teneur de la solution en chlorure	0	0,182	0,424	0,880	1,778	2,204	2,635	3,172
Azotate dissous	2,228	2,172	2,057	1,830	1,576	1,515	1,423	1,355

Deuxième série. — *Température :* 25°,2.

Teneur en chlorure	0	0,26	0,66	1,35	2,08	2,78	3,04
Azotate dissous	3,217	3,086	2,853	2,510	2,218	2,015	1,946

» La solubilité de l'azotate diminue donc à mesure que la proportion de chlorure augmente. Je représente cette solubilité par une courbe, tracée en portant en abscisses le nombre de molécules de chlorure, et en ordonnées le nombre de molécules d'azotate. On a ainsi la courbe AB relative à la température de 25°, 2 (je n'ai pas tracé les courbes de 14°, 5). Cette courbe AB représente la série des équilibres possibles entre les trois phases suivantes : azotate solide, solution et vapeur.

» Si l'on prend à l'avance des solutions de chlorure plus concentrées, jusqu'à la solution saturée, par addition d'azotate solide, il se déposera du chlorure à l'état solide, tandis que de l'azotate se dissoudra, et l'on obtiendra un certain point B, qui limite la courbe, et qui représente la composition d'une solution en équilibre à la fois avec les deux sels solides et la vapeur.

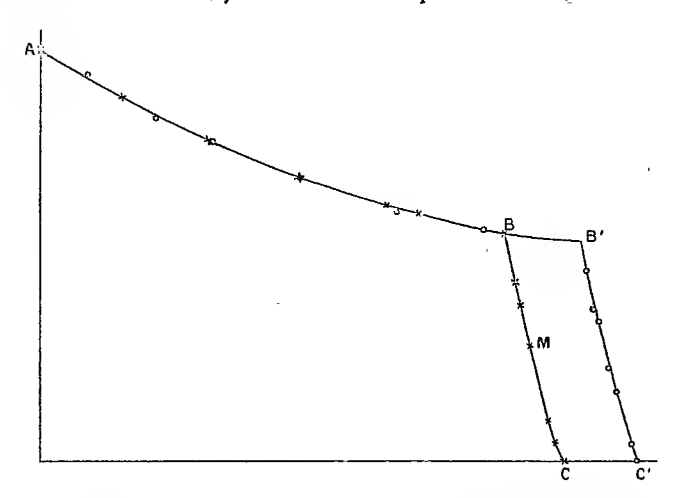
» 2° Étudions la solubilité du chlorure solide en excès dans des solutions de concentrations croissantes d'azotate. On obtient les résultats suivants :

A 14°,5.	Teneur en azotate	0	0,204	0,318	0,615	0,818	0,910	1,176	1,220
	Chlorure dissous	3,865	3,810	3,782	3,710	3,667	3,629	3,597	3,582
A 25°,2.	Teneur en azotate	0	0,136	0,318	0,902	1,212	1,397	1,805	
	Chlorure dissous	4,18	4,11	4,07	3,93	3,85	3,81	3,70	

» On obtient ainsi sur le diagramme la courbe CB, qui part du point C, représentant la solubilité du chlorure dans l'eau pure, et s'élève jusqu'au point B. Mais, quelque concentrée que soit la solution de nitrate employée, on ne pourra dépasser le point B. La courbe CB correspond aux équilibres entre les trois phases : chlorure solide, solution et vapeur.

» Le point B correspond à l'équilibre de quatre phases : chlorure solide, azotate solide, solution et vapeur, le nombre de composants indépendants étant de trois. La température étant fixée, d'après la règle des phases, la variance du système est nulle, et l'on ne peut changer la composition de

l'une des phases en équilibre sans faire disparaître au moins l'une des quatre phases. Si l'on ajoute alors une quantité quelconque de l'un des deux sels, il ne se dissoudra pas, et le point représentatif restera fixe en B; il correspond à $1^{mol},805$ d'azotate et $3^{mol},70$ de chlorure par litre de solution ([1]).



» II. *Azotate et bromure de potassium.* — 1° Solubilité de l'azotate solide en excès dans des solutions de bromure.

A 14°,5	Teneur en bromure...	0	0,356	0,784	1,092	1,577	2,542	3,536
	Azotate dissous.......	2,228	2,026	1,835	1,730	1,589	1,406	1,308
A 25°,2	Teneur en bromure...	0	0,38	0,93	1,37	2,08	2,87	3,55
	Azotate dissous.......	3,217	3,026	2,689	2,492	2,216	1,958	1,807

» Traçons la courbe correspondant à 25°,2 sur le même diagramme, les abscisses étant cette fois les nombres de molécules de bromure. On a ainsi la courbe AB', qui coïncide avec la courbe AB précédente. J'ai marqué les points de la première par des croix et ceux de la seconde par des ronds.

» M. Nernst avait déjà indiqué que, lorsque deux sels sont également dissociés, des quantités équivalentes de ces deux sels abaissent la solubilité d'un troisième sel de la même quantité. Mais les vérifications n'ont porté que sur des sels peu solubles. Or ici pour des sels très solubles on constate que des quantités équivalentes de chlorure et de bromure abaissent la solubilité de l'azotate de la même quantité. Deux solutions équivalentes de chlorure et de bromure sont donc également dissociées, même pour de fortes concentrations.

([1]) Ce point B avait été déterminé par M. Étard pour le mélange considéré.

2° Solubilité du bromure solide dans des solutions d'azotate.

A 14°,5	Teneur en azotate.....	0	0,362	0,706	1,235			
	Bromure dissous......	4,332	4,156	4,093	3,939			
A 25°,2	Teneur en azotate.....	0	0,131	0,527	0,721	1,09	1,170	1,504
	Bromure dissous......	4,761	4,72	4,61	4,54	4,475	4,44	4,375

» La solubilité des mélanges d'azotate et de bromure donne encore deux courbes AB′ et C′B′ se coupant au point anguleux B′, correspondant à l'équilibre entre les deux sels solides, la solution et la vapeur.

» Dans une prochaine Communication, j'étudierai le cas des mélanges de chlorure et de bromure de potassium. »

CHIMIE MINÉRALE. — *Action de l'hydrogène sur le sulfure d'antimoine.* Note de M. **H. Pélabon**, présentée par M. Troost.

« Aux températures supérieures à 360°, l'hydrogène agit sur le sulfure d'antimoine cristallisé, ou stibine, pour donner de l'hydrogène sulfuré et de l'antimoine. Dans les mêmes conditions de température, l'hydrogène sulfuré attaque l'antimoine pour former du trisulfure Sb^2S^3. Si l'on opère dans des tubes scellés, les deux réactions inverses amènent le système des quatre corps dans un état d'équilibre chimique que nous nous sommes proposé d'étudier.

» Dans l'étude de la première réaction, deux cas sont à considérer :

» 1° *La température de l'expérience est inférieure au point de fusion du sulfure.* — L'antimoine déplacé par l'hydrogène se dépose à l'état solide sur le sulfure et l'on a un système formé de deux solides en présence d'un mélange gazeux homogène. Les lois de la dissociation d'un semblable système sont connues; on sait que la composition limite du mélange gazeux qui s'y trouve ne dépend pas des masses des corps solides. Dans le cas particulier qui nous occupe, le volume du composé gazeux étant identique au volume d'hydrogène qu'il renferme, cette même composition limite doit en outre être indépendante de la pression totale du mélange gazeux.

» Pour vérifier ces deux conclusions par l'expérience, nous avons maintenu à une température fixe, pendant un temps suffisamment long, des tubes scellés contenant de l'hydrogène et des masses variables de sulfure d'antimoine pur. Les tubes sont ensuite refroidis brusquement et le gaz qu'ils contiennent est analysé.

» A 440°, nous avons obtenu les résultats suivants, où ρ représente la valeur du rapport de la pression partielle de l'hydrogène sulfuré à la pression totale du mélange; ce rapport étant exprimé en centièmes :

Poids de Sb^2S^3.	Pression initiale de l'H.	Volume de ρ.
gr 0,1	mm 759	43,05
0,2	761	43,2
0,5	763	42,98
0,1	387	43,6
0,1	198	43,3

» Ces nombres diffèrent assez peu les uns des autres pour qu'on puisse considérer les conclusions énoncées précédemment comme vérifiées d'une manière satisfaisante par l'expérience.

» La valeur limite de ρ est encore la même, pour la température considérée, si, en même temps que du sulfure d'antimoine, on introduit dans les tubes scellés des masses variables d'antimoine pur. Ce résultat découle des expériences suivantes, dans lesquelles la pression du gaz hydrogène a toujours été voisine de 760^{mm} de mercure.

Poids de Sb.	Poids de Sb^2S^3.	Valeur de ρ.
0,5	0,1	43,56
0,1	0,1	43,22
0,1	0,5	43,10
0,01	0,1	43,28

» Remarquons qu'à 440°, quel que soit le poids de sulfure, il faut environ trente heures pour que ρ n'augmente plus.

» A 360° les deux réactions inverses se produisent encore, mais avec une grande lenteur.

» 2° *La température de l'expérience est supérieure au point de fusion du sulfure.* — Dans ce cas le sulfure d'antimoine liquide dissout l'antimoine mis en liberté dans la réaction, de sorte que l'on a en présence deux mélanges homogènes, l'un gazeux, l'autre liquide. Les lois de la dissociation de ce système hétérogène composé de deux systèmes séparément homogènes ne sont plus les mêmes que celles qui régissent le cas précédemment étudié. La composition limite du mélange gazeux doit, dans ce cas, dépendre de la concentration de la solution d'antimoine dans le sulfure, et, par suite, si l'on part de sulfure pur, de la masse de ce corps; c'est ce que l'expérience vérifie. A 610° environ avec des masses de sul-

fure respectivement égales à 1^{gr}, $0^{gr},5$, $0^{gr},2$, $0^{gr},1$, nous avons obtenu pour valeurs de ρ les nombres 72,56; 66,43; 58,91; 56,31.

» La proportion limite d'hydrogène sulfuré est, d'après cela, d'autant plus forte que la concentration de la solution d'antimoine est plus faible.

» Un cas particulier intéressant est celui d'un système qui renferme, en même temps que du sulfure, un excès d'antimoine. On a constamment, dans ce cas, en présence du mélange gazeux, une solution saturée d'antimoine; la valeur limite de ρ ne dépend plus alors que de la température. Pour une même valeur de la température, elle est indépendante des masses de sulfure et d'antimoine, pourvu que ce dernier corps ne soit pas complètement dissous.

» Voici, du reste, quelques résultats à l'appui de cette conséquence :

	Poids de Sb.	Poids de Sb^2S^3.	Valeur de ρ.
	gr	gr	
T = 625°............	0,1	0,1	57,02
	0,1	0,5	56,91
	0,5	0,1	56,92
	0,05	0,5	56,85

» A 510°, on trouve, dans les mêmes conditions, pour valeur limite de ρ le nombre 48,6; à 555° le nombre 51,8 et à 610°, 56,01.

» *Action de l'hydrogène sur l'antimoine.* — En maintenant à une température déterminée des tubes scellés renfermant de l'hydrogène sulfuré et de l'antimoine, on constate que la masse du gaz sulfhydrique diminue, puis demeure constante au bout d'un certain temps, d'autant plus long que la température est plus basse. Si, dans les conditions de l'expérience, l'antimoine n'est pas fondu, la valeur limite du rapport ρ est la même que si l'on avait maintenu à la même température du sulfure et de l'hydrogène. Si, au contraire, le corps est fondu, la valeur limite de ρ est toujours un peu inférieure à celle que donne la réaction de ces deux corps, même en présence d'antimoine en excès.

» L'action de l'hydrogène sur le sulfure d'antimoine donne, pour ρ à 625°,

$$\rho = 56,92.$$

» La réaction inverse à la même température donne

$$\rho = 52,8.$$

» Dans ce dernier cas, il y a peut-être dissolution du sulfure mis en liberté dans l'antimoine liquide.

» En résumé, si les quatre corps existent dans le système étudié, la composition limite du mélange gazeux ne dépend que de la température. La valeur de ρ croît avec la température, et ceci est en parfait accord avec la loi du déplacement de l'équilibre par la température, si l'on admet que dans les conditions des expériences la réaction suivante

$$Sb^2S^3 + 3H^2 = 3H^2S + 2Sb$$

est, comme à 15°, accompagnée d'une absorption de chaleur. »

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur un arséniure de nickel* (1). Note de MM. **Albert Granger** et **Gaston Didier**, présentée par M. Troost.

« L'un de nous, dans de précédentes Communications (2), a indiqué, comme moyens de préparation de quelques phosphures métalliques, de chauffer, soit le métal dans la vapeur de trichlorure de phosphore, soit le chlorure métallique dans la vapeur de phosphore. Nous avons pensé que la généralisation de ces méthodes, étendues à la famille des éléments trivalents, nous permettrait d'isoler quelques arséniures, antimoniures et bismuthures. Nous présentons aujourd'hui à l'Académie les résultats obtenus en traitant le nickel par le chlorure d'arsenic.

» Du nickel, préparé par la réduction de l'oxalate de nickel par l'hydrogène, a été chauffé dans un courant de vapeur de trichlorure d'arsenic, entraînée par du gaz carbonique. Nous avons élevé progressivement la température jusqu'à ce que l'attaque ait lieu; une fois la réaction commencée, ce qui se produit au voisinage de 600°, nous avons maintenu la température aussi constante qu'il nous a été possible avec une grille à gaz et nous avons évité soigneusement d'atteindre le ramollissement du verre. Dans ces conditions le métal s'est transformé progressivement en arséniure. Le chlorure qui se forme, recouvrant le nickel d'une couche qui protège la masse de l'action du réactif, il faut alors laver le tout, quand le chlorure recouvre toute la surface, sécher le résidu et continuer le traitement jusqu'à cessation de la réaction. En insistant sur l'action du chlorure d'arsenic la

(1) Travail fait au laboratoire des Recherches de la Faculté des Sciences de Paris.
(2) A. Granger, *Comptes rendus*, t. CXX, p. 923, et t. CXXII, p. 936.

teneur en arsenic s'élève jusqu'à 46,01 pour 100; l'analyse montre qu'à ce moment le composé répond à la formule Ni^3As^2, intermédiaire entre celles des deux sous-arséniures Ni^2As décrits par Gehlen et Berthier et de l'arséniure naturel, la nickéline, Ni As. Wöhler a signalé un arséniure cristallisé Ni^3As^2, dans les résidus de la préparation du smalt; le corps qu'il a décrit n'était pas pur et contenait du fer, du cobalt et du soufre en quantités appréciables.

» Le corps que nous avons obtenu rappelle, par son éclat et sa couleur, le corps indiqué par Wöhler; examiné au microscope, il a l'éclat métallique et se présente sous formes de grains rougeâtres au milieu desquels on aperçoit des facettes et des pointements cristallins. L'arséniure de nickel a une composition différente du phosphure de nickel obtenu dans les mêmes conditions. Le nickel, traité par le chlorure de phosphore, donne un sous-phosphure Ni^2P. Néanmoins les propriétés de cet arséniure peuvent être rapprochées de celles du phosphure Ni^2P; comme lui, il est décomposable par la chaleur, se dissout dans l'acide azotique et l'eau régale et est attaqué facilement par le chlore et les alcalis fondus. »

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur le biphosphure de tungstène.* Note de M. **Ed. Defacqz**, présentée par M. H. Moissan (1).

« Un des premiers Mémoires où il soit fait mention des essais effectués en vue d'obtenir une combinaison du phosphore et du tungstène est celui de Pelletier (2), mais c'est à Wright (3) que nous devons la connaissance des deux premiers phosphures : ce sont les seuls connus jusqu'ici; ils correspondent aux formules Tu^3P^4 et Tu^2P. Le premier de ces composés est amorphe et se prépare en faisant passer du phosphore en vapeur sur le métal; le deuxième est cristallisé et s'obtient en réduisant un mélange d'acide phosphorique et d'acide tungstique par le charbon, à la température aussi élevée que possible d'un four à vent.

» L'hexachlorure de tungstène nous ayant déjà donné, par double décomposition avec des hydracides gazeux, un certain nombre de composés

(1) Travail fait au laboratoire des Hautes Études de M. Moissan, à l'École supérieure de Pharmacie.

(2) Pelletier, *Annales de Chimie et de Physique*, 1re série, t. XIII, p. 137.

(3) Wright, *Annalen der Chem. und Pharm.*, t. LXXIX, p. 244.

définis, amorphes ou cristallisés, nous avons pensé étendre cette réaction à l'hydrogène phosphoré gazeux : nous avons ainsi obtenu un nouveau phosphure de tungstène; il a pour formule TuP^2.

» *Préparation.* — Dans un tube de verre étiré de manière à former ampoule, on place une nacelle de porcelaine contenant l'hexachlorure de tungstène pur. L'une des extrémités est mise en communication avec un appareil à phosphure d'hydrogène gazeux sec, l'autre par l'intermédiaire de sécheurs avec des flacons à chlorure cuivreux chlorhydrique. On chasse l'air de l'appareil par un courant d'hydrogène phosphoré. On chauffe d'abord vers 200°-250°, puis on élève lentement la température sans qu'elle atteigne le rouge sombre; on arrête l'opération quand les gaz pris à la sortie des sécheurs ne rougissent plus le papier de tournesol; du phosphore se condense dans l'ampoule en dehors de la grille; on laisse alors refroidir le tube dans un courant d'hydrogène phosphoré que l'on chasse ensuite par de l'hydrogène sec.

» Le produit obtenu contient une petite quantité de phosphore libre, on l'en débarrasse en le lavant au sulfure de carbone et en le chauffant finalement à 50° dans le vide.

» *Propriétés.* — C'est une substance noire à aspect cristallin d'une densité de 5,8; elle est insoluble dans l'eau, le sulfure de carbone, l'alcool, l'éther, le chloroforme, l'essence de térébenthine, la benzine, etc., n'est pas fusible sans décomposition, ne s'oxyde pas à froid au contact de l'air.

» Au contact du fluor il s'y combine, au-dessous de 100°, avec incandescence en formant un fluorure de tungstène et du fluorure de phosphore. Pour que le chlore réagisse il faut presque atteindre le rouge sombre; sans incandescence il donne alors, outre le chlorure de phosphore, l'hexachlorure de tungstène. Si l'on fait réagir le chlore liquide en tube scellé, vers 60° on obtient un chlorophosphure.

» Le brome n'a d'action qu'au rouge. Le biphosphure de tungstène ne commence à être réduit par l'hydrogène qu'à 525°; mais il ne l'est pas complètement même vers 900°; à cette température il n'éprouve aucune perte de poids, même après six heures de chauffe, et tient encore 13,5 pour 100 de phosphore.

» Chauffé au contact de l'air avant le rouge sombre, il brûle comme de l'amadou; dans un courant d'oxygène, vers la même température, sa combustion s'effectue avec une lumière telle qu'on peut à peine en supporter l'éclat; il se forme de l'anhydride phosphorique et tungstique.

» Le soufre et l'azote déplacent le phosphore, le premier vers son point de fusion, le deuxième au rouge, pour donner du bisulfure et de l'azoture.

» Les métaux et les combinaisons métalliques fournissent quelques réactions intéressantes : le cuivre décompose entièrement le biphosphure à 1200°, on obtient du phosphure de cuivre et du tungstène métallique que l'on peut mettre facilement en évidence en traitant la masse métallique fondue que l'on a obtenue par l'acide azotique dilué; le résidu gris brillant est du métal; le fer à la même température a donné également une masse parfaitement fondue, mais cassante, à texture cristalline; un traitement à l'acide chlorhydrique étendu en isole une poudre noire amorphe qui est un phosphure double de fer et de tungstène; il s'est encore formé du fer phosphoré; le zinc agit comme le cuivre, mais si l'on chauffe vers 1000°, le phosphore formé s'est

volatilisé et il ne reste plus dans le creuset que du tungstène métallique; la réaction produite par l'aluminium est assez complexe : outre un corps blanc, qui pique la masse métallique mal fondue, et décomposable par l'eau, il s'est formé une grande quantité de silicium cristallisé provenant de la réduction des parois du creuset.

» Le plomb, vers 900°, ne décompose que partiellement le biphosphure; enfin le phosphure de cuivre donne, vers 1200° ou 1400°, un culot métallique parfaitement fondu qui, traité par l'acide azotique dilué, laisse un résidu cristallisé qui est un autre phosphure de tungstène.

» Les hydracides fluorhydrique et chlorhydrique n'attaquent le biphosphure ni à froid, ni à chaud; il n'en est pas de même de leur mélange avec l'acide azotique; l'eau régale fluorhydrique le dissout complètement à froid, l'eau régale chlorhydrique ne le fait qu'à chaud; l'hydrogène sulfuré gazeux réagit, vers 500°, pour donner le bisulfure.

» Les acides sulfurique et azotique sont réduits à chaud avec dégagement de gaz sulfureux et précipitation d'oxyde bleu pour le premier, formation de vapeurs nitreuses et d'acide tungstique précipité pour le deuxième.

» La soude et la potasse ne transforment le biphosphure de tungstène en phosphate et tungstate alcalins que si elles sont fondues; les mélanges oxydants, azotate et carbonate de potassium et de sodium, réagissent vivement; le bisulfate de potassium le dissout lentement.

» *Analyse.* — La méthode que nous avons employée après la transformation préalable du phosphure de tungstène en phosphate et tungstate repose :

» 1° Sur la précipitation du phosphate en liqueur ammoniacale à l'état de phosphate ammoniaco-magnésien, par un mélange magnésien ne contenant que des chlorures;

» 2° Sur la transformation du tungstate d'ammoniaque en tungstate de sodium après élimination des sels ammoniacaux et magnésiens;

» 3° Sur la précipitation du tungstate alcalin par l'azotate mercureux (méthode de Berzélius) [1].

» Nous avons trouvé les nombres suivants :

	I.	II.	III.	IV.	Calculé pour TuP^2.
Tu..........	»	»	74,92	75,17	74,80
P...........	25,38	24,90	24,95	24,81	25,20

» En résumé, l'action de l'hydrogène phosphoré gazeux sec sur l'hexachlorure de tungstène vers 450° nous a permis de préparer un nouveau composé défini le biphosphure TuP^2; nous avons étudié ses propriétés, dont quelques-unes nous permettront de préparer de nouveaux composés : un chlorophosphure, un phosphure double et un autre phosphure. »

(1) Les détails de cette méthode seront publiés ultérieurement.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur un nouvel alcool terpénique et sur ses dérivés* [1]. Note de M. **P. Genvresse**.

« Si l'on fait agir sur le pinène, ou essence de térébenthine, des vapeurs nitreuses ou du peroxyde d'azote, on obtient un nouvel alcool terpénique, le pinénol, et en même temps, en petite quantité, une oxime, la pinénone-oxime.

» *Pinénol* $C^{10}H^{16}O$. — Pour préparer le pinénol, on dirige les vapeurs nitreuses obtenues par l'acide nitrique et l'amidon, ou le peroxyde d'azote préparé à la manière ordinaire avec le nitrate de plomb dans du pinène refroidi par un mélange de glace et de sel.

» On entraîne par la vapeur d'eau le produit de la réaction; de l'essence de térébenthine non attaquée passe d'abord et ensuite le pinénol mélangé d'une petite quantité d'un produit azoté. On distille le pinénol brut d'abord sous la pression ordinaire pour décomposer le produit azoté et ensuite sous pression réduite.

» L'analyse du corps ainsi obtenu et son poids moléculaire conduisent à la formule $C^{10}H^{16}O$; sa réfraction moléculaire est de 44,563, en la calculant d'après les nombres donnés par M. Brühl, et en admettant l'existence d'une double liaison dans la molécule, on trouverait 44,85.

» Le pinénol est un liquide légèrement jaune, d'une odeur spéciale agréable; il bout à 225° sous la pression de 740^{mm} et à 143° sous une pression de 38^{mm}; sa densité à 0° est 0,9952 et son indice de réfraction 1,497. Il est insoluble dans l'eau, soluble en toutes proportions dans l'alcool et dans l'éther; il dévie à gauche le plan de polarisation; sa déviation pour la raie D en solution chloroformique est −14°,66.

» Il se décompose partiellement par la distillation surtout à la pression ordinaire; il fixe par addition une molécule de brome, ce qui démontre expérimentalement l'existence de la double liaison dont nous venons de parler.

» En présence de l'anhydride phosphorique, il se comporte à la façon des alcools en perdant de l'eau et en donnant du cymène

$$C^{10}H^{16}O + P^2O^5 = 2\,PO^3H + C^{10}H^{14}.$$

» Traité soit par un mélange d'acide acétique cristallisable et d'acide sulfurique ou bien par le sodium et ensuite par l'anhydride acétique, il donne l'éther acétique $C^{10}H^{15}O - CH^3$ qui bout à 150° sous une pression de 40^{mm} et qui a l'odeur d'essence de lavande. Ce corps est donc un alcool.

» De plus, en présence de l'acide chromique et de l'acide sulfurique il se transforme en cétone, ce qui le caractérise comme alcool secondaire.

---

(1) Laboratoire de Chimie de la Faculté des Sciences de Besançon.

» *Pinénone* $C^{10}H^{14}O$. — La pinénone s'obtient en traitant le pinénol par l'acide chromique et l'acide sulfurique ou par le mélange chromique à la température ordinaire. Son analyse et son poids moléculaire conduisent à la formule $C^{10}H^{14}O$. Sa réfraction moléculaire est 44,33 et sa réfraction moléculaire théorique, en admettant l'existence d'une double liaison, de 43,84.

» La pinénone est un liquide jaune, d'odeur agréable, sa densité à 0° est 0,9953 et son indice de réfraction 1,5002; il dévie à gauche comme l'alcool correspondant la lumière polarisée; sa déviation pour la raie D en solution chloroformique est de — 21°,12; elle bout à 132° sous une pression de 42mm.

» Cette cétone est soluble en toutes proportions dans l'alcool, l'éther, le chloroforme; elle est insoluble dans l'eau, comme l'alcool dont elle dérive.

» Elle fixe par addition une molécule de brome, ce qui confirme expérimentalement l'existence de la double liaison dont nous parlions tout à l'heure :

$$C^{10}H^{14} = Az - AzH - CO - C^6H^5.$$

» La semicarbazone, préparée à la manière habituelle par le chlorhydrate de semicarbazide et l'acétate de sodium, fond à 82°.

» La cétone traitée par le chlorhydrate d'hydroxylamine donne un très beau corps cristallisé, la pinénonoxime.

» *Pinénonoxime* $C^{10}H^{14} = AzOH$. — La pinénonoxime se prépare en chauffant pendant quatre heures une partie de pinénone, une de chlorhydrate d'hydroxylamine, une à une partie et demie de soude caustique et dix parties d'alcool. L'alcool distillé, la pinénonoxime cristallise.

» Comme ce corps se forme en petite quantité quand on traite le pinène par les vapeurs nitreuses, nous avons répété plusieurs fois la même opération en remplaçant la pinénone par le pinénol et nous sommes toujours arrivés au même résultat négatif; la pinénonoxime qui se forme dans les conditions précédentes provient donc de la pinénone et cela nous montre en plus que cette dernière n'existait pas toute formée dans le pinénol, du moins en quantité appréciable.

» La pinénonoxime cristallise dans le système orthorhombique; elle est très soluble dans l'éther, moins dans l'alcool, surtout dans l'alcool froid; elle fond à 89°, dévie à gauche le plan de polarisation; sa déviation pour la raie D est $\alpha_D = -22°,3$.

» Elle distille en se décomposant partiellement à 170° sous une pression de 40mm.

» Elle fixe par addition une molécule de brome pour donner le composé bibromé $C^{10}H^{14}Br^2AzOH$, soluble dans l'alcool, l'éther, le chloroforme, etc., et fondant à 152°.

» Elle se combine molécule à molécule avec l'isocyanate de phényle; le corps ains obtenu est cristallisé en fines aiguilles et fond à 135°; il est peu soluble dans l'éther, plus soluble dans l'alcool. Sa formule est $C^{10}H^{14}AzO - CO - AzH - C^6H^5$.

» Enfin, traitée en solution dans l'éther par le chlorure de benzoïle, elle se transforme en un très beau corps cristallisé, fondant à 105°, peu soluble dans l'éther, davantage dans l'alcool bouillant et répondant à la formule $C^{10}H^{14}AzO - CO - C^6H^5$. Nous nous sommes assurés que ce composé ne contenait pas de chlore. En opérant dans les mêmes conditions, on obtient une combinaison analogue avec le chlorure de butyrile, fondant à 74°

» En résumé, le pinène sous l'influence des vapeurs nitreuses, ou du peroxyde d'azote, donne un alcool secondaire, le pinénol caractérisé par son éther acétique, sa cétone et l'oxime de cette dernière.

» Je parlerai de sa formule possible de constitution dans un autre Recueil, et de beaucoup d'autres faits qui n'ont pu trouver place ici. »

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action de l'isocyanate de phényle et de l'isothiocyanate de phényle sur les acides bibasiques* (¹). Note de M. **Élophe Bénech**.

« On sait qu'en faisant réagir de l'isocyanate de phényle sur les acides succinique, glutarique et camphorique, M. Haller a obtenu d'abord les anhydrides de ces acides, puis la phénylsuccinimide d'une part et les dianilides glutarique et camphorique d'autre part; ces dérivés chauffés à une température plus élevée ont donné les imides correspondants. Le processus de la réaction a été établi par M. Haller de la façon suivante :

$$R\Big\langle\begin{matrix}CO.OH\\CO.OH\end{matrix} + 2C^6H^5AzCO = CO\Big\langle\begin{matrix}AzH.C^6H^5\\AzH.C^6H^5\end{matrix} + R\Big\langle\begin{matrix}CO\\CO\end{matrix}\Big\rangle O$$

$$R\Big\langle\begin{matrix}CO\\CO\end{matrix}\Big\rangle O + CO\Big\langle\begin{matrix}AzH.C^6H^5\\AzH.C^6H^5\end{matrix} = R\Big\langle\begin{matrix}CO\\CO\end{matrix}\Big\rangle Az.C^6H^5 + CO^2 + AzH.C^6H^5,$$

dans le cas où il s'agit de l'acide succinique.

» Avec l'acide glutarique, on a la dianilide :

$$\left.\begin{matrix}CH^2CO\\ \vert\\ CH^2\\ \vert\\ CH^2CO\end{matrix}\right\rangle O + CO\Big\langle\begin{matrix}AzH.C^6H^5\\AzH.C^6H^5\end{matrix} = \begin{matrix}CH^2-CO.AzH.C^6H^5\\ \vert\\ CH^2\\ \vert\\ CH^2-CO.AzH.C^6H^5\end{matrix} + CO^2$$

et la dianilide glutarique chauffée à une température plus élevée donne la phénylglutarimide. L'acide camphorique se comporte comme l'acide glutarique. C'est cette réaction que nous avons cherché à généraliser pour en déduire un procédé général de préparation des dianilides correspondant aux acides bibasiques.

» *Acide malonique.* — La réaction marche très régulièrement, quand on chauffe 1 partie d'acide malonique avec 2 parties d'isocyanate de phényle. La température s'élève même brusquement à partir de 90° et monte jusqu'à 170°. Après refroidissement, on a une masse jaune clair qu'on fait cristalliser à plusieurs reprises dans l'alcool bouillant. Finalement, on obtient de belles aiguilles blanches insolubles dans l'eau,

---

(¹) Travail fait au laboratoire de M. le professeur Haller, à la Sorbonne.

très peu solubles dans l'éther, solubles dans l'acide acétique cristallisable. Elles fondent à 224°, ce sont les caractères de la diphénylmalonamide ou dianilide malonique.

» Nous avons ensuite appliqué la réaction à un diacide contenant un nombre de C beaucoup plus élevé.

» *Acide sébacique.* — On chauffe 2 parties d'isocyanate de phényle avec 1 partie d'acide sébacique. La réaction marche régulièrement et est bien moins vive qu'avec l'acide malonique. Elle est terminée, quand la température atteint 150°. On reprend la masse par l'alcool bouillant et l'on fait une série de cristallisations. Pour avoir un corps bien pur, on le dissout dans le chloroforme bouillant et l'on fait une dernière cristallisation dans l'alcool.

» On obtient ainsi de petites écailles rhombiques incolores qui tendent à se grouper en houppes. Elles sont insolubles dans l'eau et l'éther P. F.; 198°; c'est la dianiline sébacique.

» La réaction de M. Haller est donc générale. Nous l'avons appliquée à la préparation de la dianilide azélaïque qui, croyons-nous, n'avait jamais été obtenue jusqu'à ce jour.

» *Acide azélaïque.* — L'acide azélaïque employé avait été obtenu par le procédé de M. Maquenne et son point de fusion était 107°. On chauffe dans un ballon 8^{gr} d'isocyanate de phényle et 6^{gr},50 d'acide azélaïque bien sec.

» La réaction commence au-dessous de 80°; elle est surtout active de 130° à 140°, puis le dégagement gazeux diminue et toute la masse devient liquide à 160°. La réaction est terminée. Après refroidissement, on épuise à l'alcool bouillant, et après plusieurs cristallisations successives on obtient un corps parfaitement blanc qui se présente sous forme de mamelons. Pour l'obtenir bien cristallisé, on le reprend par l'alcool méthylique bouillant et il se dépose par refroidissement en belles aiguilles prismatiques qui fondent à 185°. Ce corps est très peu soluble dans l'eau, dans la benzine et l'éther. Il est soluble dans l'acide azotique concentré, d'où il est précipité par addition d'eau. Voici les résultats de l'analyse :

0,2645 de substance ont donné... 0,7211 de CO^2 et 0,1899 de H^2O
0,1963 » » » ... 14^{cc} d'azote mesurés à 18° ($H_t = 762^{mm}$, $t = 15°,5$).

Trouvé par l'analyse.		Calculé.	
C...........	74,32	C...........	74,55
H...........	7,97	H...........	7,69
Az...........	8,28	Az...........	8,28

» Le corps obtenu est donc bien la dianilide azélaïque, et le rendement est assez bon.

» Nous avons essayé de même de faire réagir l'isothiocyanate de phényle sur les acides bibasiques pour comparer son action à celle de l'isocyanate de phényle. Par analogie avec le cas précédent, tout doit se passer

comme si l'on avait les deux réactions successives

$$2\,C^6H^5 - AzCS + R\begin{cases}CO^2H\\CO^2H\end{cases} = CS\begin{cases}AzH - C^6H^5\\AzH - C^6H^5\end{cases} + R\begin{cases}CO\\CO\end{cases}O,$$

$$CS\begin{cases}AzH - C^6H^5\\AzH - C^6H^5\end{cases} + R\begin{cases}CO\\CO\end{cases}O = R\begin{cases}CO\,AzH - C^6H^5\\CO\,AzH - C^6H^5\end{cases} + COS,$$

et l'on doit retrouver dans chaque cas l'imide ou la diamide que donnait l'isocyanate de phényle, mais avec un dégagement de COS au lieu de CO^2.

» Avec l'*acide malonique* la réaction n'est pas du tout conforme à ces prévisions. En effet, elle se fait à une température plus élevée qu'avec l'isocyanate; elle est bien moins vive, et lorsque, après épuisement de la masse par l'alcool, on a fait plusieurs cristallisations successives, on obtient deux corps dont l'un, cristallisé en aiguilles, est de la diphénylurée qui fond à 235°, et dont l'autre est cristallisé en tablettes rhombiques et a pour point de fusion 112°. Les propriétés de ce dernier corps et l'analyse que nous en avons faite nous ont montré que c'était de l'acétanilide. La réaction est la même quand on chauffe trois heures, en tube scellé à 160°, 2 parties d'isocyanate de phényle et 1 partie d'acide malonique.

» Avec l'*acide éthylmalonique*, on a un résultat semblable, c'est-à-dire qu'au lieu de trouver la dianilide éthylmalonique, nous avons obtenu un corps bien cristallisé qui, d'après l'analyse, était de la butyranilide. Son point de fusion était 97°-98°, Gerhardt indique 90°. Par contre, avec les autres diacides, l'isothiocyanate de phényle se comporte comme l'indiquent les équations ci-dessus.

» *Acide succinique*. — On introduit dans un ballon 14^{gr} d'isothiocyanate de phényle et 6^{gr} d'acide succinique, et l'on chauffe au bain d'huile. Le gaz qui se dégage est recueilli sur la cuve à mercure. La réaction est très régulière; elle atteint le maximum d'intensité vers 140°-150°, et elle est terminée à 180°. Le gaz produit est facile à caractériser. Il brûle avec une belle flamme bleue. Il est assez soluble dans l'eau, la dissolution a une odeur douce toute particulière, et elle laisse au bout de quelque temps un abondant dépôt de soufre. Si l'on agite ce gaz avec l'eau de baryte, celle-ci se trouble immédiatement; il est très rapidement absorbé par une solution alcoolique de potasse. Ce sont les caractères de l'oxysulfure de carbone. Quant à la masse solide jaune clair restée dans le ballon, on la reprend par l'alcool bouillant, et l'on fait une série de cristallisations; on obtient facilement un corps cristallisé en belles aiguilles longues enchevêtrées qui se sublime sans décomposition. Ce corps est insoluble dans l'eau froide, soluble dans l'eau bouillante et dans l'éther. Il fond à 155°, c'est la phénylsuccinimide.

» L'isothiocyanate de phényle et l'isocyanate de phényle ayant donné des résultats différents avec l'acide malonique, et des résultats identiques avec l'acide succinique, il était intéressant de voir ce que ces deux réactifs donneraient avec un diacide ayant une teneur en C plus grande. On a déjà vu que l'isocyanate de phényle, en présence de l'acide sébacique, donne la dianilide correspondante.

» *Acide sébacique.* — On introduit dans un ballon 8gr d'isothiocyanate de phényle et 6gr d'acide sébacique, et l'on opère comme précédemment. Le mélange devient liquide vers 110° et le dégagement de COS commence vers 130°; il devient abondant vers 160°. La réaction est terminée quand la température atteint 190°; après refroidissement on épuise la masse à l'alcool, et l'on fait une série de cristallisations; on obtient finalement un corps cristallisé en écailles rhombiques insolubles dans l'eau et dans l'éther P. F.; 198°.

» Ces propriétés et l'analyse que nous avons faite nous ont montré que nous avions bien la dianilide sébacique.

» *En résumé :* la réaction de M. Haller est générale : elle nous a permis de préparer la dianilide azélaïque.

» De plus, l'isothiocyanate de phényle se comporte comme l'isocyanate vis-à-vis des diacides de la série grasse, sauf vis-à-vis des acides maloniques.

» Nous nous proposons d'étudier l'action des autres isocyanates. »

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Influence d'une végétation active sur la formation de la thuyone et du thuyol* (1). Note de M. **Eugène Charabot**.

« Il résulte de mes récentes Communications à l'Académie des Sciences (séances des 6 novembre 1899, 29 janvier et 19 février 1900) (2) que les métamorphoses des composés terpéniques s'effectuent, dans la plante, en deux phases bien distinctes correspondant aux deux phases principales de la végétation :

» La première est celle de l'élaboration des alcools terpéniques et de leur transformation, par élimination des éléments de l'eau, soit en éthers composés, soit à la fois, lorsqu'il s'agit d'alcools se déshydratant facilement, en éthers et en terpènes. Ces transformations, comme je l'ai montré précédemment, ont pour siège les organes pourvus de chlorophylle et correspondent à la période de développement des parties vertes, période d'assimilation active.

» La deuxième phase coïncide avec la période de la vie de la plante pendant laquelle l'énergie respiratoire l'emporte sur le phénomène d'assimilation. La quantité d'oxygène fixée par les tissus est alors très sensible

(1) Faculté des Sciences de Paris, laboratoire de M. Haller.

(2) Voir aussi *Bull. Soc. Chim.*, 3e série, t. XXI et XXIII.

et, par oxydation, les alcools primaires se transforment en aldéhydes, les alcools secondaires en cétones correspondantes.

» J'ai pensé que, si cette manière de voir est exacte et si ces conclusions sont générales, à une période active du développement des parties vertes doit correspondre, dans les végétaux qui élaborent encore une proportion notable d'huile essentielle au cours de ce phénomène, une nouvelle formation d'alcools et d'éthers et un ralentissement dans la transformation de ces corps en cétones.

» C'est bien ce que m'a montré l'étude de deux essences d'*Artemisia absynthium :* l'une préparée le 8 juin 1899, après une longue période pendant laquelle les plantes ne s'étaient développées que très lentement (rendement : 0,1429 pour 100); l'autre préparée le 12 juillet, alors que la végétation avait atteint son maximum d'activité (le rendement avait augmenté et atteint la valeur 0,2450 pour 100) (¹).

» L'essence d'*Artemisia absynthium* renferme notamment une cétone, la *thuyone* (tanacétone)

CH^3
|
CH
HC / \ CO
H^2C | \ | CH^2
C
|
CH
/ \
CH^3 CH^3

et l'alcool correspondant, le *thuyol* (alcool tanacétylique

CH^3
|
CH
HC / \ $CHOH$
H^2C | \ | CH^2
C
|
CH
/ \
CH^3 CH^3

partie à l'état libre, partie à l'état d'éthers.

(¹) Les substances étudiées m'avaient été offertes par M. Pillet, à qui je suis heureux d'adresser tous mes remercîments.

» J'indique, dans le Tableau ci-dessous, les proportions de ces divers principes contenues dans les deux produits que j'ai étudiés :

	Essence extraite	
	le 8 juin.	le 12 juillet.
Densité à 24°	0,9307	0,9253
Éther (calculé en acétate)	9,7 pour 100	13,1 pour 100
Thuyol combiné	7,6 »	10,3 »
Thuyol libre	9,0 »	9,2 »
Thuyol total	16,6 »	19,5 »
Thuyone	43,1 »	35,0 »

» Ces résultats ont été contrôlés par une autre étude au cours de laquelle j'ai dosé les divers principes constitutifs dans les fractions successives des deux huiles essentielles (¹). Ils montrent que, *pendant la période de végétation active, l'huile essentielle s'enrichit, d'une façon sensible, en éthers du thuyol; en outre, le thuyol qui prend naissance se transforme bien en thuyone, mais cette transformation n'est que partielle* (le calcul montre que la proportion de thuyone, exprimée par rapport au poids de la plante, va en croissant).

» *Conclusions.* — Je vais prouver que les résultats de cette étude concordent parfaitement avec les conclusions formulées dans ma précédente Note au sujet de la formation de la menthone et des éthers du menthol.

» Pendant la période considérée, période de végétation active, on a vu, non seulement le poids de la plante augmenter considérablement, mais encore la proportion relative d'huile essentielle atteindre une valeur presque double de sa valeur au premier stade. Une quantité notable de thuyol a pris naissance. La vive lumière, en même temps qu'elle a diminué notablement l'activité respiratoire, a augmenté l'énergie de la fonction assimilatoire.

» Les deux effets ont alors concordé pour que la résultante des deux fonctions fût en faveur de l'assimilation, et la quantité d'oxygène fixée par la plante est devenue insuffisante pour convertir en thuyone une proportion de thuyol aussi importante que durant la période de végétation lente. On constate alors, ce qui était à prévoir, que le thuyol n'a pas cessé de se transformer en thuyone, puisque la proportion totale de cette cétone exprimée par rapport au poids de la plante augmente encore, mais que cette transformation s'est ralentie considérablement, puisque la proportion de thuyone, exprimée par rapport à l'essence, diminue pendant la période

(¹) Les détails des opérations seront publiés prochainement au *Bulletin de la Société chimique*.

considérée. Au contraire, la proportion relative de thuyol augmente, comme d'ailleurs celle des éthers.

» En résumé, pendant la période de végétation active, de l'alcool terpénique se forme à nouveau, mais l'assimilation l'emportant sur la respiration, la formation de cet alcool et de ses éthers l'emporte sur leur transformation en cétone. »

ZOOLOGIE. — *Considérations sur les différences qui existent entre la faune des Opistobranches des côtes océaniques de la France et celle de nos côtes méditerranéennes.* Note de M. **A. Vayssière**, présentée par M. H. Filhol.

« Une étude comparée entre les diverses espèces d'Opistobranches que l'on observe le long des côtes françaises de l'Océan et de la Manche et celles qui habitent nos côtes méditerranéennes nous permet de donner quelques indications sur les différences qui existent entre ces deux faunes malacologiques.

» Tandis que les Opistobranches de nos côtes océaniques (océan Atlantique et Manche) sont, pour la plupart, des espèces septentrionales que l'on retrouve en abondance plus au nord (côtes de l'Angleterre, de la Norvège, de la Suède et du Danemark), les types méditerranéens sont, au contraire, des espèces méridionales qui, bien souvent représentées par de rares individus le long de nos côtes, deviennent plus fréquentes et même abondantes dans le golfe de Naples, sur les côtes de la Sicile et de l'Algérie.

» Non seulement ce sont les espèces qui se trouvent ainsi localisées, mais même des genres, à tel point que certains d'entre eux ne possèdent pas de représentants dans une de ces régions. Aussi, pour mieux préciser cette différence de nos faunes malacologiques françaises, nous allons indiquer ceux de ces genres que l'on trouve d'un côté et non de l'autre.

» Dans la Méditerranée, parmi les Opistobranches Tectibranches, nous avons des *Bulla, Notarchus, Umbrella, Tylodina, Pleurobranchœa, Pleurobranchus* vrais, *Susania,* etc., qui ne sont pas représentés le long de nos côtes océaniques; mais sur ces dernières ce sont les *Amphisphyra,* les *Acera* et les *Philine* qui, peu abondantes dans la Méditerranée, prédominent ici.

» Parmi les Nudibranches les genres *Discodoris, Platydoris, Flabellina, Fiona, Glaucus, Tethys, Melibe, Bornella, Phylliroé* et *Pleurophyllidia* que nous

rencontrons dans la Méditerranée plus ou moins fréquemment sont remplacés sur nos côtes océaniques par les *Lamellidoris*, *Archidoris*, *Cadlina*, *Ægirus*, *Thecacera*, *Acanthodoris*, *Adalaria*, *Cratena*, *Tergipes*, *Lomanotus*, *Galvina* et *Dendronotus*.

» Nous trouvons bien quelques espèces communes aux deux régions, mais rares d'un côté elles sont fréquentes de l'autre.

» Il existe toutefois le long de nos côtes océaniques un point où certaines espèces septentrionales et méridionales paraissent vivre ensemble, c'est le golfe de Gascogne. En effet la faune malacologique de ce golfe offre un mélange de ces différentes espèces, ce qui permet de considérer ce point comme formant la ligne de séparation entre les deux faunes. Au-dessous de ce golfe, le long des côtes de l'Espagne et du Portugal, la faune malacologique côtière change d'aspect et montre une tendance à devenir tropicale, se rapprochant ainsi de notre faune méditerranéenne; tandis qu'au-dessus de ce même point le faciès septentrional de cette faune va en s'accentuant à mesure que l'on se rapproche des côtes de la Manche.

» Il n'y a guère que les espèces abyssales que l'on retrouve des deux côtés, ces espèces ne pouvant être influencées par la petite différence de latitude, car elles ne subissent pas les variations de température comme les espèces côtières. »

ZOOLOGIE. — *Sur les affinités zoologiques des Phoronidiens et des Némertines.* Note de M. **Louis Roule**, présentée par M. H. Filhol.

« J'ai signalé, dans ma précédente Note (*Comptes rendus*, 1898), les ressemblances qui me paraissent exister entre les premières phases embryonnaires des Phoronidiens et celles des Chordés (Vertébrés, Tuniciers). Je ne veux point exprimer qu'il serait équitable, dans une classification naturelle, de séparer ceux-là des autres Trochozoaires monomériques (Bryozoaires, Brachiopodes, Siponculiens), pour les rapprocher de ceux-ci. Les affinités plus grandes des Phoronidiens avec les représentants de ces trois derniers groupes, et notamment avec les Bryozoaires Ptérobranches, empêcheraient d'agir ainsi. J'ai seulement tâché de démontrer que l'évolution embryonnaire des Phoronidiens offre par certains côtés, d'une manière plus nette et plus précise que celui des êtres rangés dans les trois classes voisines, des concordances indiscutables avec les états initiaux du développement des Vertébrés.

» Plusieurs auteurs ont émis l'opinion que les Némertines se rapprochent aussi des Vertébrés. Ils cherchent les concordances dans la structure achevée, et complète, des premières. A mon avis, cette assertion, prise de cette manière, est inexacte. Les organes que l'on veut rendre homologues ne sont vraiment pas comparables, car leurs origines embryonnaires sont différentes. Mais il me paraît intéressant d'indiquer les ressemblances établies, dans les phases initiales de leur développement, entre les Phoronidiens et les Némertines.

» L'ovule des Phoronidiens, après sa fécondation et sa segmentation, se convertit en une blastule, puis en une gastrule. L'endoderme primitif (protendoderme) de cette dernière produit, à son tour, les éléments du mésoderme. Ceux-ci naissent séparément. Chacun se détache de la cellule endodermique qui l'engendre. Il parvient dans la cavité blastocœlienne et s'y mélange à ses similaires. Il n'est parmi eux aucune initiale réelle. Tous sont semblables; ils émettent des expansions amœboïdes. Tous ont la propriété de se subdiviser et de donner naissance à d'autres éléments. Le feuillet moyen augmente ainsi sa masse, soit par emprunt à l'endoderme, et c'est là le procédé primitif, soit par la segmentation de ses propres cellules. Il se dispose en un mésenchyme, intercalé à l'endoderme et à l'ectoderme. Les éléments issus de la subdivision intrinsèque ne se séparent point les uns des autres; ils restent unis par leurs prolongements, souvent fort longs. C'est là un mésenchyme primaire, dont les cellules composantes subissent deux sortes d'évolutions ultérieures. Les unes deviennent contractiles; elles constituent hâtivement un réseau musculaire assez lâche, qui servira à la larve pour mouvoir les diverses parties de son corps. Les autres n'offrent aucune modification apparente, pendant toute la durée de l'existence larvaire; beaucoup s'assemblent pour constituer une somatopleure et une splanchopleure; leur emploi futur est d'engendrer le mésoderme de l'adulte, car le feutrage contractile se détruit au moment de la métamorphose.

» Les phénomènes essentiels du développement des Annélides et des groupes voisins conduisent aussi à la même fin, c'est-à-dire à la formation d'un mésenchyme primaire. Seulement, d'habitude, les premières cellules mésodermiques sont vraiment des initiales, c'est-à-dire des cellules volumineuses et peu nombreuses, destinées à engendrer la plupart des éléments du feuillet moyen. Cette modification est ici d'importance secondaire.

» Les Némertines, surtout dans la formation de leur *pilidium*, présentent des particularités comparables à celles des Phoronidiens. Les vraies

initiales mésodermiques leur font défaut. Les cellules du mésoderme s'anastomosent souvent par leurs prolongements. Plusieurs d'entre elles composent un feutrage contractile. L'identité est complète, en ce qui concerne l'origine et la disposition de l'ébauche du feuillet moyen. Elle se borne à ces faits, du reste, et ne va pas plus loin. Malgré une certaine ressemblance, dans la métamorphose, entre le *pilidium* des Némertines et l'*actinotroque* des Phoronidiens, l'un n'est pas l'homologue de l'autre. Selon toutes probabilités, la paroi du *pilidium* équivaut à une membrane amniotique surajoutée au corps de l'embryon, et produite d'une manière si hâtive qu'une partie de l'organisme définitif provient d'elle. L'*actinotroque* est toute différente; elle correspond au corps même de l'embryon, et non pas à une partie de supplément.

» De telles relations, dans les premiers phénomènes du développement, entre les Némertines et les Phoronidiens, animaux montrant mieux que la plupart des autres vers les données essentielles et les moins modifiées des premières phases de l'évolution embryonnaire, conduisent à accepter un certain nombre de conclusions.

» La jeune larve des Phoronidiens, alors qu'elle n'a pas encore revêtu l'allure et la conformation caractéristiques de l'*actinotroque*, ressemble de tous points à une jeune *trochophore* d'Annélide. Ce qui s'applique à l'une s'applique aussi à l'autre. Or, la première offre une similitude évidente avec la jeune larve des Némertines. Les feuillets prennent naissance de la même manière; ils forment leurs ébauches de la même façon. Après avoir franchi la phase gastrulaire, et avant d'acquérir leurs structures particulières, ces deux larves passent par un état commun, dont l'une des principales caractéristiques est fournie par la disposition de l'ébauche mésodermique, établie en un mésenchyme primaire. J'ai donné à cet état le nom de larve *Vermula*. La Vermule est, dans le développement de ces êtres, une étape préliminaire, postérieure à la gastrule, d'où se dégagent ensuite les formes larvaires spéciales. C'est par elle que les relations entre les Némertines et les Trochozoaires nous deviennent sensibles, et non par autre chose. Les quelques concordances entre les organismes adultes découlent de sa propre organisation, dont plusieurs particularités se conservent et se perfectionnent sans trop se transformer.

» D'autre part, les larves des Phoronidiens et, par extension, celles des Annélides ont une affinité certaine avec les embryons des Chordés (voir ma Note susvisée : *Comptes rendus*, 1898). Par conséquent et grâce à elles,

les larves des Némertines ont aussi des relations avec ces derniers, moins immédiates et plus lointaines.

» Les concordances entre les Némertines, les Trochozoaires, les Chordés ne s'établissent que par des embryons à l'état d'ébauches et n'ayant pas encore acquis d'organisation particularisée. Elles se montrent au début du dévoloppement, dès l'achèvement de la phase gastrulaire, et s'effacent ensuite. Chacun possède son mode spécial d'évolution et des différences considérables se manifestent plus tard. Il ne faut donc point considérer les Némertines, les Phoronidiens et les Annélides comme formant la série ascendante qui conduit aux Vertébrés. Cette sériation n'existe pas. Les liaisons entre ces groupes sont données par leurs larves fort jeunes, c'est-à-dire par des êtres qui n'ont aucun des caractères réels des Némertines, ni des Phoronidiens, ni des Vers annelés. Ces larves, grâce à leur ressemblance, constituent une sorte de fonds commun d'où se dégagent, à divers degrés et de manières différentes, les qualités de structure de ces catégories d'animaux. »

ZOOLOGIE. — *Sur le développement embryonnaire des Cestodes.* Note de M. G. **Saint-Remy**, présentée par M. Edmond Perrier.

« Nos connaissances sur le développement embryonnaire des Cestodes sont dues principalement à Moniez, Ed. van Beneden et Schauinsland. Ce sont surtout des Bothriocéphales et des Ténias supérieurs à larve cysticerque, qui ont été étudiés à ce point de vue. Pour suivre le développement de l'œuf d'un Ténia à cysticercoïde, j'ai choisi le genre *Anoplocephala* qui appartient très vraisemblablement à ce type; des formes voisines de la même sous-famille ont été étudiées par Moniez [*Moniezia* (*Taenia*) *expansa*, et quelques autres espèces]. J'ai eu à ma disposition deux espèces parasites du Cheval, *An. plicata* Zeder et *An. mamillana* Mehlis : les phénomènes présentent peu de différences.

» L'œuf non développé, contenu dans l'utérus des jeunes anneaux, est sphérique, très déformable par la pression; il comprend une coque très mince, une masse volumineuse de vitellus nutritif à peu près homogène, très plastique, remplissant presque complètement la coque, et une cellule-œuf en forme de calotte peu épaisse, sans membrane, pourvue d'un noyau arrondi et aplati, avec un gros nucléole; une faible quantité de liquide remplit l'espace vide.

» On rencontre des œufs dont la cellule-germe est accompagnée d'un ou deux corpuscules chromatiques; ces corps se retrouvent dans tous les œufs en développement, où ils flottent en des points quelconques, et ne disparaissent que très tard : ils ont tous les caractères des globules polaires qu'on n'avait pas vus jusqu'ici d'une façon certaine. Je n'ai observé aucune image pouvant se rapporter à la fécondation. La cellule-germe commence ensuite à se segmenter. On constate que quelques-unes des premières cellules grossissent beaucoup, paraissant se nourrir aux dépens du vitellus qui diminue; deux cellules pénètrent dans la profondeur du vitellus qui se divise alors en deux masses secondaires et se fragmente en sphérules; ces sphérules fondent peu à peu, laissant vide le réseau protoplasmique de la cellule qui a fonctionné à la manière d'un phagocyte; les noyaux de ces cellules vacuolaires sont caractérisés par leur grande taille et leur gros nucléole. Ces deux cellules finissent par entourer les autres éléments de l'œuf et constituent une enveloppe externe rappelant exactement par sa structure celle des Bothriocéphales, à laquelle elle correspond, ainsi qu'à la « couche albuminogène » de *T. serrata* (van Beneden). Pendant ce temps, deux autres catégories d'éléments se différencient : trois grandes cellules à noyaux clairs forment une enveloppe interne, en dedans de laquelle s'organise en embryon un groupe de nombreux petits éléments sans limites visibles, à noyaux petits et riches en chromatine. Ces faits essentiels correspondent donc exactement à ce qui a été décrit chez les Bothriocéphales et chez *T. serrata*. Il n'y a pas une troisième enveloppe comme l'indique Moniez pour des formes voisines. L'enveloppe externe s'accroît beaucoup et épaissit ensuite la coque de l'œuf, puis finalement son protoplasma dégénère en une masse granuleuse pouvant renfermer des gouttelettes de graisse. L'enveloppe interne, dont les cellules sont fusionnées, se transforme en une coque spéciale (*appareil piriforme*) : d'abord ovoïde et épaisse, elle devient cordiforme, très mince en arrière; son protoplasme se transforme en une substance hyaline, homogène, et les noyaux dégénèrent; elle émet deux prolongements et finit par prendre la forme d'une sphère creuse surmontée de deux tubérosités qui se terminent par un chevelu de filaments ramifiés dont le rôle est probablement d'arrêter l'appareil dans le tube digestif d'un premier hôte; la paroi postérieure est très mince et c'est par ce point que l'embryon est expulsé lorsqu'on exerce une forte pression. L'embryon, d'abord ovoïde, acquiert ses crochets de bonne heure; il devient ensuite sphérique et susceptible de se mouvoir dans la cavité de la coque qu'il ne remplit pas. Cet embryon est très petit; il ne

présente aucune différenciation visible en deux sortes d'éléments, comme cela a été vu dans d'autres genres. »

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Sondage et analyse des boues du lac Gălcescu (Karpates méridionales)*. Note de MM. **de Martonne** et **Munteanu Murgoci**, présentée par M. de Lapparent.

« L'un de nous a récemment exposé (*Comptes rendus,* séance du 27 novembre 1899) comment il avait été amené, pour fixer les traces de la période glaciaire dans le massif du Paringu, à lever au $\frac{1}{10000}$ les cirques de Găuri et de Glăcescu et au $\frac{1}{20000}$ les cirques voisins. Ce levé a montré que le massif du Paringu était extrêmement riche en petits lacs de montagne, qui jusqu'ici n'avaient été figurés sur aucune Carte.

» Le plus étendu des lacs situés en territoire roumain se trouve dans un cirque latéral de Gălcescu, à une hauteur de 1921^{m}. C'est un lac glaciaire des plus typiques, comparable à ceux des Pyrénées, de la Tatra ou de la Forêt-Noire, quoique sa superficie et sa profondeur soient bien inférieures à celles de ces nappes d'eau. Sa forme est celle d'un rectangle allongé du sud-sud-ouest au nord-nord-est. Il est entièrement creusé dans le granit gneissique, qui forme la crête du Paringu de Urda à Mândra. La même roche se retrouve tout autour, présentant en général un facies de plus en plus gneissique en allant vers le nord, les blancs plongeant vers le nord-nord-ouest sous un angle variable mais toujours assez petit. La rive sud est dominée par des escarpements de 200^{m} de haut, d'où descendent des éboulis qui ont en grande partie comblé la partie méridionale du lac. Dans l'angle sud-est débouche en outre un ruisseau qui vient du palier supérieur du cirque, où se trouvent plusieurs lacs, et qui bâtit un cône de déjection assez large; dans l'angle sud-ouest, un cône d'éboulis formé de matériaux plus grossiers travaille d'une façon plus active au comblement. Les rives est et ouest s'élèvent rapidement jusqu'à deux terrasses situées à 20^{m} au-dessus du niveau du lac et portant elles-mêmes plusieurs petites nappes d'eau. La rive nord est plate et marécageuse, avec de très belles roches moutonnées au milieu desquelles serpente l'émissaire du lac qui, tombant en cascade, va rejoindre le ruisseau principal de Gălcescu un peu au-dessus de la Stîna.

» La Carte du lac Gălcescu a été levée en commun; de nombreux sondages ont permis de tracer les isobathes de 1^{m} en 1^{m} (avec courbes

auxiliaires de $0^m,50$ sur les bords plats). Voici les résultats calculés planimétriquement sur la minute au $\frac{1}{1000}$:

Surface totale	29196^{mq}		moins de 1^m	3740^{mq}
Profondeur de plus de 1^m...	25456	86,1 pour 100	de 1^m à 2^m	6445
» » 2...	19011	68,6	de 2 à 3	2884
» » 3...	16127	55,2	de 3 à 4	2420
» » 4...	13707	46,9	de 4 à 5	2085
» » 5...	11622	39,8	de 5 à 6	1515
» » 6...	10107	34,6	de 6 à 7	1940
» » 7...	8167	27,9	de 7 à 8	1984
» » 8...	6183	20,8	de 8 à 9	1768
» » 9...	5415	18,5	de 9 à 10	1290
» » 10...	125	0,8		

Volume......... $157658^{mc},4$. Profondeur moyenne... $5^m,40$.

» On remarquera la grande extension des profondeurs inférieures à 2^m résultat du comblement de la partie sud du lac par les éboulis descendant des escarpements voisins et le cône de déjection du torrent affluent; et aussi le développement des profondeurs de 9^m à 10^m, indice d'un fond plat. Ces résultats seraient aussi bien mis en lumière par la courbe bathygraphique qui sert à calculer graphiquement la profondeur moyenne. Celle-ci est légèrement supérieure à la moitié de la profondeur maximum, résultat également intéressant. L'allure des courbes montre que le lac a bien la forme de bassin fermé à fond plat, caractéristique des cuvettes glaciaires. Dans la région sud-ouest, la faible profondeur a permis, en serrant les coups de sonde, de délimiter des roches moutonnées très nettes qui accidentent le fond du lac et viennent affleurer à moins de $0^m,50$ de la surface. Il y en a trois, allongées du sud-sud-ouest au nord-nord-est, c'est-à-dire dans l'axe de la plus grande longueur du lac et présentant leur abrupt au nord et à l'est.

» Le comblement du lac est assez rapide, surtout dans la partie méridionale. Là, sur un espace de plus de 12000^{mq}, le fond est formé de gros blocs de granite gneissique. Ces blocs se retrouvent tout le long de la rive ouest et est. Une bande de sable fin, dont la largeur varie, suit toutes les rives, occupant une surface de 4000^{mq} à 5000^{mq}. Tout le reste du lac est tapissé d'une couche de boue qui revêt même les roches moutonnées et dont l'épaisseur croît avec la profondeur, atteignant $0^m,50$ par une profondeur de 2^m à 3^m et probablement 1^m à $1^m,50$ dans les grandes profondeurs.

» Le sable analysé mécaniquement donne : I, cailloux de plus de 2^{mm},

30 pour 100; II, entre 2^{mm} et 1^{mm}, 50 pour 100; III, sable fin de moins de 1^{mm}, 14 pour 100; IV, résidu, 6 pour 100. Ce résidu, passé par un appareil de Nolbet, se divise en : IV^a, sable très fin, 2 pour 100; IV^b, lehm, 4 pour 100.

» I est formé de fragments de granite gneissique. Mais on trouve aussi des morceaux de schistes séririciteux et graphiteux, d'amphibolites et de roches vertes. Ces éléments viennent des bandes d'amphibolites feldspathiques qui se trouvent dans la partie supérieure de Gălcescu et des lambeaux de la couverture des roches vertes avec schistes séririciteux et graphiteux qu'on retrouve bien conservée dans le cirque de Găuri. Ces roches n'affleurant pas dans le bassin de l'affluent du lac, leurs débris doivent avoir été apportés *par un autre agent* que ce torrent. II est formé des minéraux désagrégés des roches précédentes. III présente les minéraux absolument isolés séparables au moyen de liqueurs titrées. On y retrouve les éléments du granite gneissique de Gălcescu : quelques-uns plus ou moins altérés comme la biotite, uniformément transformée en mica blanc sans perdre ses inclusions de sagénite, d'autres mieux conservés, sphène, zircon et apatite, restes de rutile, tourmaline et grenat. On trouve aussi des amphiboles, épidotes, etc. IV^a peut s'étudier directement au microscope et renferme les mêmes éléments. IV^b est un résidu argileux avec oxyde de fer hydraté et débris minéraux très ténus. IV correspond dans l'ensemble au limon couvrant le fond du lac.

» Le limon contient encore une certaine quantité de sable, des restes de plante plus ou moins décomposés, des débris de crustacés aquatiques (Daphnia, Cyclops), ainsi que de nombreuses carapaces de Diatomées. Il est brun, poreux; séché, il est plus léger que l'eau; réduit en poudre et soumis à la lévigation, il se sépare en deux parties, l'une plus légère (restes végétaux), l'autre plus lourde (partie minérale). Les échantillons prélevés sur la rive ouest, la moins soumise à l'alluvionnement rapide et grossier, ont donné, après séparation des matières organiques :

» SiO^2, 60,27 pour 100; TiO^2 et ZrO^2, 1,20 pour 100; Al^2O^3, 11,12 pour 100; Fe^2O^3, 3,65 pour 100; FeO, 0,65 pour 100; CaO, 1,51 pour 100; MgO, 1,05 pour 100; K^2O, 1,90 pour 100; Na^2O, 2,55 pour 100; H^2O, 15,91 pour 100,

» En éliminant H^2O, on trouve SiO^2, 71,84 pour 100; TiO^2 et ZrO^2, 1,42 pour 100; Al^2O^3, 13,25 pour 100; Fe^2O^3, 4,35 pour 100; FeO, 0,78 pour 100; CaO, 1,80 pour 100; MgO, 1,25 pour 100; K^2O, 2,97 pour 100; Na^2O, 3,04 pour 100.

» Cette composition chimique correspond à celle du granite de Gălcescu, dont cette boue est un produit d'altération. La proportion des matières insolubles est la même que dans les lacs de montagne nourris par des torrents venant de régions granitiques. Dans l'ensemble, il est intéressant de constater la parenté de cette boue avec certaines argiles glaciaires

» Quelles que soient les faibles dimensions du lac Gălcescu et l'insuffisance de ces résultats, il a paru bon de les faire connaître, ce lac étant le premier lac de haute montagne dans les Karpates méridionales qui ait été sondé et soumis à de pareilles recherches. »

GÉOLOGIE. — *Sur les plissements du pays de Bray.* Note de M. **Munier-Chalmas**, présentée par M. Marcel Bertrand.

« I. L'anticlinal du pays de Bray et les plis du bassin de Paris dirigés parallèlement du nord-ouest au sud-est présentent beaucoup de traits communs avec une chaîne de montagnes. C'est l'ébauche d'une véritable chaîne tertiaire (gallo-britannique) qui s'est développée dans le Vorland de M. Suess et qui remonte vers le nord jusqu'aux régions baltiques.

» J'ai pensé qu'il était intéressant d'étudier les différents mouvements qui ont affecté ces plis dans le temps.

» S'il y a eu pendant la période secondaire de nombreux mouvements, ils sont encore mal connus; je ne parlerai que du dernier plissement crétacé dont l'existence est des plus évidentes.

» Après le dépôt de la craie blanche de Meudon, une surélévation générale du bassin de Paris, partant du sud, a refoulé la mer vers le nord, mais à l'époque montienne, une descente générale de l'aire synclinale franco-belge a ramené la mer dans le bassin de Paris.

» Cette mer, d'abord assez profonde, a diminué progressivement de profondeur et de salure en se transformant d'abord en lagune saumâtre, puis en lac lagunaire. Cette modification est l'indice d'une surélévation progressive du bassin et l'annonce d'une ride qui affectera le Bray; en effet, la surélévation se continue jusqu'à l'émersion complète de l'aire synclinale; il se forme alors un dôme allongé, placé sur l'axe actuel du Bray.

» Ce sont là des modifications d'ordre général qui se répéteront toutes les fois qu'il se produira un plissement important dans le Bray.

» Après la formation du dernier pli crétacé, une nouvelle descente générale de l'aire synclinale détermine la très grande et très importante transgression de la mer thanétienne et l'arrivée de courants froids provenant du Nord, courants qui amènent et qui dispersent avec une très grande rapidité la *première faune boréale tertiaire* dans toute l'étendue de l'aire anglo-franco-belge.

» Il y a donc contraste absolu entre la température de l'air et celle des eaux marines, car la flore et la faune terrestres annoncent un climat presque tropical.

» Sous l'influence des courants de transgression, la mer thanétienne arase ce qui restait des parties saillantes du dôme et dépose au sud-est de Beauvais, de chaque côté de l'axe du Bray, *en discordance de stratification* sur les assises redressées du Sénonien et du Turonien, les sables de Bracheux à *Cyprina scutellaria*.

» Des mouvements semblables, également suivis de transgression marine et de changement de faune, se sont produits à la fin du Sparnacien moyen, de l'Yprésien, du Lutétien supérieur, du Bartonien moyen et du Bartonien supérieur. A chacune de ces époques, il s'est formé, sur l'axe du Bray et sous la mer, une série successive de petits dômes séparés par des intervalles de temps où la descente générale du bassin, redevenant régulière, rétablissait, après l'arasement des parties surélevées, la courbure normale de l'aire synclinale. Ces dômes successifs se trouvent toujours situés sur une ligne qui deviendra plus tard l'axe du Bray; ils semblent pourtant s'être déplacés progressivement vers l'ouest, sous l'influence de poussées venant de l'est que l'on peut rapprocher de la propagation des ondes périphériques. A chaque période de plissement, les mêmes phases se reproduisent; il y a d'abord des mouvements précurseurs qui amènent une diminution progressive dans la profondeur et dans la salure des eaux; puis, après la formation du dôme, il y a descente générale du bassin, la mer revient en transgression avec un maximum de profondeur et avec retour de faunes franchement marines. Des courants rapides amènent des espèces nouvelles pour le bassin de Paris, arasent les dômes, en transportant vers l'est, dans le centre du bassin, des galets calcaires et siliceux à plus de 100^{km} de leur point de départ.

» Il est difficile de ne pas croire qu'un retour si régulier des mêmes phénomènes ne soit pas dû à la récurrence de causes semblables, et l'on peut se demander s'il n'y aurait pas lieu de rechercher des phases analogues dans la formation des grandes chaînes. Il est cependant possible que, lorsque le mouvement de plissement prend plus d'importance, l'affaissement et la transgression qui le suivent soient insuffisants à le compenser et ne se trouvent pas mis en évidence. Ainsi, dans le bassin de Paris, si les mers avaient eu une profondeur d'une dizaine de mètres en plus, aucun des mouvements précédemment décrits ne pourrait être constaté. Car dans ces conditions, une diminution de 4^m à 10^m de profondeur n'aurait

jamais amené la formation de lagunes ni l'émersion de l'aire synclinale.

» Dans le bassin de Paris tout s'est passé comme si l'aire synclinale était sollicitée par deux forces, quelles que soient du reste leurs composantes et leur origine, indépendantes et agissant dans deux sens opposés. La première, de grandeur constante, amènera la descente générale du bassin; la seconde, qui détermine à d'autres moments la surélévation générale et la formation de plis locaux, passe par des phases d'inégale intensité: d'abord égale à la première, elle lui devient supérieure, pour redevenir de nouveau égale et enfin inférieure. Il en résulte de véritables cycles où des états de repos passagers sont suivis alternativement de périodes de surélévation avec formation de dômes et de périodes d'affaissement.

» M. Suess a déjà fait remarquer, d'après les remarquables travaux de MM. Hébert et de Lapparent, que les sommets des anticlinaux ainsi formés sont tournés vers le nord, comme ceux des plis anciens. Cette remarque a une très grande importance, car si l'on admet avec M. Marcel Bertrand que les mouvements sont continus et se propagent toujours dans le même sens, au moins pendant des époques déterminées, il arrivera un moment où, sous les efforts des poussées du sud, les anticlinaux seront complètement déversés vers le nord, comme les plis anciens, et des fractures consécutives détermineront la formation de lames de charriage qui se dirigeront vers l'aire synclinale du nord en voie de formation.

» D'un autre côté, il faudra aux poussées venant de l'est un effort des plus faibles, pour faire glisser dans la Manche les lames horizontales de craie qui constituent les falaises. A ce sujet je ferai remarquer que les masses crayeuses sont également divisées par des failles verticales ou obliques en compartiments qui ont subi des rejets horizontaux très peu accentués, mais suffisants pour strier leurs parois et indiquer la direction générale de leur déplacement vers l'ouest sous l'influence des poussées de l'est. M. Michel-Lévy avait déjà fait remarquer que ces rejets horizontaux, décrochements, très accusés en profondeur, dans les chaînes anciennes, diminuaient d'intensité à mesure que l'on s'élevait dans la série secondaire.

» II. Les transgressions marines sont toujours accompagnées de courants rapides qui tendent à établir l'équilibre entre les eaux de l'aire synclinale et celles de l'Océan. Ces courants de transgression amènent dans les eaux marines une uniformité de température et de salure assez grande pour que les faunes, à une époque donnée, présentent sensiblement les mêmes caractères dans toute l'étendue de la zone marine de l'aire syn-

clinale ; ils déterminent ainsi l'arrivée et la dispersion très rapide d'espèces nouvelles qui proviennent des océans.

» Il est à peu près certain que ce sont des phénomènes semblables qui déterminent dans les mers continentales l'arrivée à un même moment d'espèces nouvelles, qui caractérisent les différents horizons paléontologiques et servent ainsi à établir sur toute la terre une chronologie uniforme. »

PHYSIOLOGIE. — *Contribution à l'étude des sérums antileucocytaires. Leur action sur la coagulation du sang.* Note de M. C. **Delezenne**.

« Les belles recherches de Bordet sur la production par les organismes, soumis aux injections de sang étranger, d'anticorps pour le globule rouge ont ouvert une voie des plus fécondes à l'activité des chercheurs : des travaux récents ont montré, en effet, qu'il était possible, comme l'avait fait prévoir Metchnikoff, d'obtenir par le même procédé « des sérums contre » toutes sortes d'éléments cellulaires ». On sait que Metchnikoff lui-même a observé, en particulier, que les animaux injectés de leucocytes étrangers, sous la forme d'émulsions de ganglions lymphatiques ou de rate, fournissent un sérum doué de propriétés globulicides spécifiques vis-à-vis de ces éléments.

» Je poursuis, de mon côté, depuis quelques mois des recherches sur les anticorps du globule rouge et des leucocytes dans le but d'étudier leur action physiologique et tout spécialement les effets qu'ils exercent sur la coagulation du sang. Ce sont les résultats généraux d'expériences entreprises dans cette direction, avec les anticorps du leucocyte, que je me propose de résumer dans cette première Note.

» J'ai montré antérieurement que tous les agents anticoagulants du groupe de la peptone sont destructeurs des globules blancs, que la leucolyse *in vivo* est le *primum movens* de l'incoagulabilité et que l'action du foie dans le processus qui se développe sous l'influence de ces agents est subordonnée à la destruction leucocytaire qu'ils provoquent.

» L'interprétation de ces faits a soulevé quelques objections auxquelles j'ai déjà partiellement répondu. J'ai pensé que les données nouvelles, relatives à la production des sérums anticellulaires, me mettaient en possession d'une méthode capable de vérifier et d'étendre davantage mes recherches antérieures : *Établir qu'un sérum étranger, primitivement inactif sur la coagu-*

lation, acquiert, en même temps que se développe son pouvoir dissolvant pour les leucocytes, des propriétés anticoagulantes énergiques; montrer que celles-ci sont étroitement liées à l'action leucocytique du sérum et ne se manifestent qu'en vertu d'un processus réactionnel de l'organisme identique à celui que nous avons précédemment fixé, ne serait-ce pas fournir, en effet, une intéressante contre-épreuve de nos premières expériences?

» La seule difficulté pour résoudre le problème que nous nous posions était d'obtenir des sérums dont l'action lysinante sur les globules blancs d'une espèce déterminée fût assez énergique pour provoquer à très faible dose la dissolution de ces éléments.

» J'ai choisi le chien comme animal d'épreuve, afin de pouvoir comparer exactement les résultats obtenus avec ceux que m'avait fournis, chez cet animal, l'étude des agents anticoagulants du groupe de la peptone. Je me suis donc efforcé de préparer des sérums actifs vis-à-vis des leucocytes du chien.

» Dans ce but, j'ai tout d'abord, à l'exemple de Metchnikoff, pratiqué à des lapins une série d'injections sous-cutanées d'une émulsion de ganglions lymphatiques ou de rate de chien.

» J'ai le plus souvent opéré dans la suite en injectant au lapin des globules blancs prélevés, après centrifugation du sang de chien, au niveau de la couche supérieure du dépôt globulaire. Bien que cette couche soit très riche en leucocytes, on injecte forcément avec eux une certaine quantité de globules rouges et le sérum de l'animal acquiert de ce fait des propriétés hémolytiques en même temps qu'un pouvoir dissolvant pour les leucocytes. Mais son action globulicide vis-à-vis des hématies est d'ordinaire relativement faible et ne se manifeste, en tout cas, en aucune façon aux doses qui atteignent déjà intensivement les globules blancs.

» Il n'est même pas nécessaire d'injecter la couche supérieure du dépôt globulaire centrifugé pour obtenir un sérum actif vis-à-vis des globules blancs. L'injection de sang défibriné total donne les mêmes résultats : des lapins, une chèvre et un canard, traités par du sang défibriné total, ont fourni en particulier des sérums fortement leucolytiques et dont l'activité se manifestait avec la plus grande netteté à des doses qui respectaient encore les hématies.

» J'ai observé enfin, et ce fait n'est assurément pas sans intérêt, que des lapins injectés à plusieurs reprises de sérum de chien, débarrassé de tout élément figuré, peuvent produire eux aussi des sérums globulicides pour les leucocytes du chien.

» Pour se rendre compte de l'action leucolytique énergique des divers sérums ainsi obtenus, il suffit de les faire agir sur des globules blancs retirés des exsudats ou de la lymphe du chien. L'examen microscopique montre que la destruction s'opère avec une très grande rapidité : les leucocytes, presque instantanément immobilisés, s'agglutinent et se transforment en vésicules transparentes qui ne tardent pas elles-mêmes à disparaître. Le phénomène peut se produire en quelques minutes si l'on opère à une température voisine de 37°.

» Je me suis assuré d'autre part que les sérums neufs n'exercent les mêmes effets qu'à des doses incomparablement plus fortes et au bout d'un temps beaucoup plus long.

» Étudions maintenant les effets du sérum antileucocytaire sur la coagulation du sang chez le chien.

» Ajoutés, *in vitro*, au sang de cet animal, les sérums actifs favorisent la prise en caillot et diminuent le temps de coagulation.

» Introduits dans le torrent circulatoire, à dose appropriée, ils entravent au contraire ce phénomène et le sang extrait des vaisseaux, quelques minutes après l'injection, conserve sa fluidité pendant un temps plus ou moins long. On observe en même temps une hypoleucocytose marquée, une excitation très vive de l'animal suivie d'une narcose profonde, une chute considérable de la pression sanguine. C'est, on le voit, le tableau complet de l'intoxication peptonique.

» L'activité des sérums étudiés a varié naturellement avec les espèces animales ou même les individus de même espèce qui les ont fournis, avec le nombre des injections reçues, la quantité et la provenance des leucocytes introduits à chaque injection.

» Une série de lapins ayant reçu dans le péritoine trois ou quatre injections de leucocytes de chien, prélevés au niveau de la couche supérieure du dépôt globulaire centrifugé, ont fourni des sérums qui, aux doses respectives de $0^{cc},4$, $0^{cc},6$, 1^{cc} et 2^{cc} au plus par kilogramme, suspendaient la coagulation du sang, comme le fait une dose active de peptone, c'est-à-dire pour plus de vingt-quatre heures.

» Une chèvre, injectée depuis deux mois de sang défibriné total, possède actuellement un sérum actif à la dose de $2^{cc},5$ par kilogramme.

» Un canard ayant reçu également quelques injections de sang défibriné total a donné, à plusieurs reprises, du sérum qui rendait le sang tout à fait incoagulable à des doses variant entre 1^{cc} et 2^{cc} par kilogramme.

» Enfin, quelques lapins injectés de sérum de chien, privé de tout élément figuré, ont fourni des sérums très actifs lorsqu'ils étaient employés aux doses de $0^{cc},8$ et $1^{cc},2$ par kilogramme.

» J'ajouterai que tous ces sérums étaient extraordinairement toxiques. La plupart des chiens succombaient à des doses à peine supérieures à 1^{cc} par kilogramme; quelques-uns n'ont pu résister à des injections de $0^{cc},4$ et $0^{cc},6$ par kilogramme.

» Je crois inutile de rappeler que les sérums neufs correspondants sont dépourvus, aux mêmes doses, de toute action et qu'il faut en injecter des quantités relativement considérables pour observer une modification appréciable de la coagulation.

» Il nous reste maintenant à déterminer en vertu de quel processus les sérums antileucocytaires sont capables d'entraver la coagulation lorsqu'ils sont injectés dans les vaisseaux. La différence de leur action sur le sang *in vitro* et *in vivo* tient-elle, comme pour les agents du groupe de la peptone, à l'intervention du foie? C'est ce que je me propose d'examiner dans une prochaine Note. »

PHYSIOLOGIE. — *Sur la fixation des bases alcalines dans le squelette minéral du fœtus pendant les cinq derniers mois de la grossesse.* Note de M. L. Hugouneno, présentée par M. Bouchard.

« Les recherches que je poursuis sur la statique minérale du fœtus humain ([1]) m'ont conduit à déterminer les proportions respectives des bases alcalines, potasse et soude, dans l'organisme fœtal.

» C'est là une question mal connue, encore controversée ([2]) et qui semble comporter des solutions variables avec les diverses espèces animales tout au moins.

» Les résultats ci-dessous sont de nature à éclairer le problème en ce qui concerne l'espèce humaine, au cours des derniers mois de la vie intra-utérine. Ces résultats ont été obtenus par l'analyse des cendres provenant de l'incinération complète de sept embryons d'âges divers, de quatre à neuf mois. Les chiffres de soude et de potasse sont rapportés à l'ensemble de l'organisme.

Numéros.	Age du fœtus.	Sexe.	Poids du fœtus.	Poids des cendres.	K^2O.	Na^2O.
			kg	gr	gr	gr
1........	4 mois à 4 m. ½	F.	0,522	14,0024	1,27	1,71
2........	4 m. ½ à 5 mois	F.	0,570	18,7154	0,18	2,09
3........	5 mois à 5 m. ½	F.	0,800	18,3572	1,51	2,31
4........	6 mois	F.	1,165	30,7705	2,21	3,26
5........	6 mois	F.	1,285	32,9786	2,77	3,60
6........	à terme	M.	2,720	96,7556	5,98	7,83
7........	à terme	M.	3,300	106,1603	7,98	6,30

» Le poids de la potasse et de la soude augmente naturellement à mesure que l'embryon s'accroît; mais cette augmentation ne se fait pas parallèlement pour les deux bases. C'est ainsi qu'en traduisant les données précédentes en poids moléculaires, on obtient :

Numéros.	Age du fœtus.	Pour une molécule de potasse K^2O.
1.........	4 mois à 4 m. ½	2 molécules de soude Na^2O
2.........	4 m. ½ à 5 mois	17 »

([1]) *Comptes rendus*, 24 avril et 5 juin 1899.

([2]) Von Bezold, *Zeitschrift für Wissenschaftliche Zoologie*, t. IX, p. 246; 1858. — Giacosa, *Arch. ital. de Biologie*, t. XXII, fasc. 11, p. 252 et suiv.

Numéros.	Age du fœtus.	Pour une molécule de potasse K^2O.	
3..........	5 mois à 5 m. $\frac{1}{2}$	2,3	»
4..........	6 mois	2,2	»
5..........	6 mois	2	»
6..........	à terme	2	»
7..........	à terme	1,2	»

» Même en ne faisant pas état du numéro 2 qui présente une anomalie très marquée, explicable par l'état de déchéance du sujet, on voit que la soude prédomine constamment et d'une façon notable dans tous les cas sauf pour un fœtus à terme (n° 7) vigoureux, mort accidentellement pendant le travail.

» On peut rattacher cette prédominance de la soude à l'abondance du tissu cartilagineux, très riche en sel marin. Il n'est pas sans intérêt de rappeler aussi que, chez les formes animales les plus anciennes qui ont apparu dans la mer, l'organisme contient beaucoup de sodium.

» La proportion de potasse est d'autant plus grande que le développement de l'embryon est plus avancé. Cette base constitue un élément prédominant des globules rouges et des muscles striés; il n'est donc pas surprenant que la teneur en potasse soit en rapport avec le degré de développement et aussi, en quelque mesure, avec la vigueur du sujet. »

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Sur les propriétés physiologiques des nitriles* (1). Note de M. **Edmond Fiquet**, présentée par M. Arm. Gautier.

« On sait que, lorsqu'on substitue dans une molécule organique un groupement carboxylé à un atome d'hydrogène, on obtient un acide correspondant. Si le composé primitif était toxique, cette toxicité se trouve considérablement diminuée : c'est ce qui paraît résulter de quelques remarques de Schmiedeberg, Nencky, Boutmy, Binet, qui ont comparé la toxicité de certains carbures et phénols à leurs dérivés carboxylés correspondants, en particulier le phénol et l'acide salicylique, le pyrogallol et l'acide gallique, l'aniline et l'acide *o*-amidoacétique, la naphtaline et l'acide naphtalino-carbonique. Toutefois quelques contradictions à cette règle n'ont pas permis d'en établir la généralité.

» D'autre part M. Arm. Gautier a montré que les hydratations et oxydations qui s'effectuent dans l'organisme vivant donnent naissance à des

(1) Travail du laboratoire de M. le professeur Armand Gautier.

bases, les leucomaïnes, qui sont d'autant plus toxiques qu'elles sont plus pauvres en oxygène, se rapprochant alors des ptomaïnes.

» J'ai cherché à étendre ces conceptions et je me suis adressé, dans ce but, à la série des nitriles pour des raisons que j'indique un peu plus loin.

» La plupart des corps sur lesquels je devais opérer n'étaient pas connus, j'ai dû les préparer par une méthode qui m'est personnelle; je les ai obtenus dans l'action de l'aldéhyde benzylique et des aldéhydes oxybenzyliques sur le cyanacétate de sodium ou l'acide cyanacétique. L'acétonitrile a été préparé par distillation de l'acide cyanacétique maintenu à 170° et les autres nitriles par la décomposition, à température plus ou moins élevée, des acides cyanés correspondants. J'ai déjà fait connaître un certain nombre de ces composés, je décrirai les autres ainsi que le détail des expériences physiologiques dans un Mémoire plus étendu.

» Je n'indiquerai dans la présente Note que les résultats que j'ai obtenus avec l'acétonitrile, le nitrile cinnamique et les dérivés carboxylés correspondants.

Acétonitrile.

Cobayes mâles. — Injection intrapéritonéale d'acétonitrile en solution aqueuse à $\frac{1}{5}$.

Poids de l'animal.	Quantité injectée par kilogr.	
690 gr	0,2 cc	Survie sans état sérieux.
600	0,5	id.
685	0,5	id.
610	0,5	Mort le lendemain sans cause apparente.
590	1,0	Survie après état sérieux après l'injection.
550	1,0	id.
590	1,0	id.
520	1,25	id.
650	1,50	Mort après 3 heures.
610	1,75	Mort après $2^h 30^m$.

Lapins mâles. — Injection intraveineuse d'acétonitrile en solution à $\frac{1}{3}$ (veine marginale de l'oreille).

2060	1	Survie, état sérieux immédiatement après l'injection.
2090	1	id.
2220	1	id.
2120	1	id.
2220	1,25	Mort dans la nuit.
2500	1,50	Mort après 6 minutes.
2000	1,50	Mort après 5 minutes.

Acide cyanacétique (sel de sodium).

Cobayes mâles. — Injection intrapéritonéale en solution aqueuse à $\frac{1}{3}$.

Poids de l'animal.	Quantité injectée par kilogr.	
575 gr	1,50 gr	Pas de troubles manifestes.
645	2	Irrégularités de la respiration. Parésie du train de derrière.
575	2,50	Mort le lendemain (la solution était vieille).
590	3	Mort après $1^h 20^m$.
605	3,50	Mort après 30 minutes.

Lapins mâles. — Injection intraveineuse en solution aqueuse à $\frac{1}{3}$.

2600	2	Mort par syncope au milieu de l'injection.
2150	2,50	Survie sans état grave.
2170	2,50	id.
2320	3	Mort après 7 minutes.
2000	3	Mort après 5 minutes.
2170	3,4	Mort après plusieurs heures.

Nitrile cinnamique.

Cobayes mâles. — Injection intrapéritonéale en solution alcoolisée à $\frac{1}{10}$.

Poids de l'animal.	Quantité injectée par kilogr.	
775 gr	0,028 gr	Survie, mais après état très grave.
645	0,0193	Mort après 2 heures.

Lapins mâles. — Injection intraveineuse (veine marginale de l'oreille).

2570	0,013	Survie après état grave immédiatement après l'injection.
2130	0,028	Mort en 2 minutes.
1840	0,0407	Mort en 1 minute.

Acide α-cyanocinnamique (sel de sodium).

Cobayes mâles. — Injection intrapéritonéale en solution aqueuse à $\frac{1}{5}$.

Poids de l'animal.	Quantité injectée par kilogr.	
600 gr	1 gr	Mort après 15 minutes.
675	0,50	Mort après 35 minutes.
650	0,40	Mort après 20 minutes.
660	0,30	Mort après 38 minutes.
560	0,25	Mort après 44 minutes.
605	0,25	Mort le lendemain.
640	0,25	Survie après état grave.

Lapins mâles. — Injection intraveineuse, veine marginale de l'oreille (solution à $\frac{1}{5}$).

2300	0,087	Survie sans état sérieux.
2300	0,13	id.
2000	0,30	Mort après 8 minutes.
2450	0,25	Mort après 50 minutes.

» Il résulte de ces expériences :

» 1° Que l'acétonitrile est beaucoup moins toxique qu'on ne l'admet généralement, puisqu'il est nécessaire d'injecter un centimètre cube et demi par kilogramme d'animal pour amener rapidement la mort. Cependant, d'une façon générale, les nitriles supérieurs sont très toxiques, ils agissent sur l'organisme à la manière de certaines ptomaïnes. Ils produisent la dilatation pupillaire suivie de rétrécissement au moment de la mort, la perte de la sensibilité, la contraction musculaire, des phénomènes de paralysie très accentués commençant par le train de derrière, le ralentissement et l'irrégularité des mouvements respiratoires, les convulsions, etc.

» Ces caractères rapprochent l'intoxication par les nitriles de celle par l'urine. J'ai observé, par de nombreuses expériences, que ces propriétés communes à tous les nitriles présentaient la plus grande analogie avec celles que j'ai observées en injectant dans les veines, à des lapins, de l'urine humaine de diabétiques et en particulier l'urine de certains névrosés. Ces expériences tendraient donc à faire admettre l'existence de corps à fonction nitrile dans certaines urines toxiques.

» 2° L'influence du groupe CO.OH (saturé par le sodium) diminue considérablement le pouvoir toxique des nitriles, sans toutefois leur faire

perdre entièrement les propriétés inhérentes à la fonction CAz. Nous retrouvons, en effet, dans l'administration de ces dérivés, des propriétés rappelant celles du groupe cyanique.

» En généralisant ces remarques, on arrive à prévoir qu'un grand nombre de composés chimiques pourront être utilisés en modifiant, dans le sens que j'indique, des médicaments dont l'action toxique peut nous paraître dangereuse avant cette substitution.

» Le groupe CO^2H n'est pas le seul qui apporte des modifications semblables dans les molécules chimiques, le groupe SO^3H paraît se comporter d'une façon analogue.

» Ces faits, je l'espère, seront généralisés. En présence d'un corps trop toxique pour être utilisé, nous pourrons recourir à des procédés chimiques analogues aux précédents pour préparer des dérivés constituant des médicaments efficaces et bien tolérés par l'organisme [1]. »

PHYSIOLOGIE PATHOLOGIQUE. — *Variations de l'iode du corps thyroïde des nouveau-nés sous diverses influences pathologiques.* Note de MM. **Charrin** et **Bourcet**, présentée par M. Arm. Gautier.

« Depuis quelques années le rôle du corps thyroïde en pathologie, et plus encore en physiologie pathologique, va sans cesse grandissant, et les importantes découvertes que vient de réaliser le professeur Armand Gautier sont de nature à étendre encore la portée des fonctions de cet organe. Aussi est-il légitime, et même nécessaire, quand on se trouve en présence de désordres morbides, et surtout de tares pouvant influencer le développement de l'économie, d'examiner l'état de la thyroïde.

» Déjà nous savons [2] que, chez les nouveau-nés issus de mères malades, et cachectisés eux-mêmes par divers processus, assez souvent ce viscère offre des modifications de structure; d'autre part, si normalement l'extrait thyroïdien injecté sous la peau provoque, en général, un amaigrissement marqué, il n'est pas exceptionnel, dans certaines conditions pathologiques, de reconnaître que ces injections entraînent des variations de poids nulles ou peu prononcées.

» Il était dès lors indiqué de s'enquérir des changements qui, dans ces mêmes conditions, peuvent intéresser la constitution chimique de ce

---

[1] M. Gautier a montré en 1869 (*Ann. de Phys. et Chim.*) que l'acétonitrile rendu chimiquement pur par le traitement à l'acide azotique était peu toxique.

[2] *Voir* Charrin, *Soc. biol.*, 1899.

tissu; il paraissait en particulier intéressant, en raison de la part réservée à l'iode ([1]), d'examiner si cette substance, et par conséquent les nucléines spécifiques qu'elle concourt à former, subissent des variations. C'est ce que nous avons pu tenter dans le laboratoire de M. Arm. Gautier, grâce aux facilités qu'il nous a fournies : nous nous faisons un devoir de l'en remercier.

» Nos recherches ont porté sur des corps thyroïdes de nouveau-nés depuis l'âge d'un jour jusqu'à trois mois; la plupart avaient quatre à six semaines. — Nous avons divisé, suivant le caractère positif ou négatif des résultats, nos analyses en deux catégories; chacune d'elles nous a permis de constituer un Tableau comportant les principales indications relatives à l'histoire des mères et des enfants, aux poids des glandes et à leur teneur en iode.

» Il est aisé de constater, en examinant nos expériences, que l'absence de ce produit ne s'observe que dans les cas où ces mères et ces enfants offrent des antécédents pathologiques.

Tableau I.

Nos et noms des malades.	État de la mere.	Causes de la mort de l'enfant.	Poids du corps thyroïde humide.	Poids du corps thyroïde sec.	Iode pour 100gr de glande sèche.
1. Phil.....	Santé	Circulaire du cordon ; mort en naissant	Indéterm.	0,160	gr 0,0039
2. Bar.....	»	id.	2,228	0,442	0,0020
3. Dez.....	»	Compression du cordon ; a vécu deux heures	2,501	0,486	0,0004
4. Maz.....	»	Né à 6 mois; mort sept heures après sa naissance	0,386	0,081	0,0054
5. Rau.....	Hémorragie pendant le travail ; a survécu	Mort en naissant	3,311	0,724	0,0013
6. Cerc.....	Syphilis ([2])	Syphilis; a vécu trois semaines	0,911	0,200	0,0066
7. Korins...	Syphilis ([2])	Syphilis; a vécu sept semaines	0,954	0,137	0,0150
8. Sauv....	Santé	Circulaire du cordon	3,466	0,677	0,0011
9. Fon.....	»	Hémorragie; mort en en naissant	1,916	0,404	0,0052

([1]) M. le professeur Arm. Gautier a montré que, d'une façon générale, l'arsenic et l'iode s'accompagnent, et il s'était déjà réservé, avant notre travail, l'examen des variations normales ou pathologiques de l'arsenic dans la thyroïde et la peau.

([2]) Ces deux malades suivaient un traitement iodé.

Nos et noms des malades.	État de la mère.	Causes de la mort de l'enfant.	Poids du corps thyroïde humide.	sec.	Iode pour 100gr de glande sèche.
10. Del......	Santé	Hémorragie; mort en naissant	2,816	0,627	gr 0,0013
11. Ast......	Pleurésie guérie	Entérite	0,653	0,153	0,0046
12.	»	Asphyxie pendant le travail; mort en naissant	1,477	0,287	0,0028
13. Ve......	Tuberculose fibreuse	Gastro-entérite	2,572	0,756	0,0052
14. Brug....	Laryngite chronique peut-être bacillaire	Broncho-pneumonie	0,897	0,200	0,0017

Tableau II.

Nos et noms de la mère.	Maladie de la mère.	Maladie de l'enfant.	Corps thyroïde frais.	sec.	Iode pour 100gr de glande sèche.
1.	»	»	Indéterm.	2,778	Nul
2. Riv.....	Alcoolisme	Entérite	Indéterm.	0,138	Nul
3. Sird.....	Paludisme	Entérite	0,508	0,119	Nul
4. Lœwen...	Tuberculose	Broncho-pneumonie	0,623	0,162	Nul
5. Sant.....	Lithiase biliaire	Ictère	0,516	0,123	Nul
6. Cach....	Tuberculose	Gastro-entérite	0,840	0,201	Nul
7. Pla.....	Tuberculose	Ictère	0,881	0,166	Nul
8. Leblon...	Placenta prœvia	Né au 5e mois	0,198	0,023	Nul
9. Mar.....	Tuberc., 2 jumeaux,	Broncho-pneumonie	0,701	0,142	Nul
10. Mar.....	8e mois	Broncho-pneumonie	1,120	0,208	Nul
11. Lav.....	Anémie	Insuffisance hépatique	0,454	0,097	Nul
12. Ad......	Fièvre typhoïde	Maladie bronzée	0,520	0,127	Nul
13. Her.....	Pneumonie	Entérite	1,433	0,308	Nul
14. Chari....	»	Méningite suppurée	1,267	0,263	Nul
15. Ric.....	Tuberculose	Gastro-entérite. Ictère	0,852	0,173	Nul
16. Char....	»	Rétention d'urine; malformation	0,852	0,580	Nul
17. Ito......	Chloro-anémie	Congestion pulmonaire	1,747	0,316	Nul
18. Per.....	Tuberculose ulcéreuse	Entérite. Athrepsie	0,263	0,056	Nul

» L'examen de ces deux tableaux nous dispense de longs commentaires.

» Il est certain que la teneur du corps thyroïde en iode varie assez fréquemment, au point que ce produit peut même faire complètement défaut. Or, parmi les causes multiples propres à modifier les proportions de cette substance ([1]), les maladies de la mère et de l'enfant semblent tenir une

([1]) Voir, à propos des variations de l'alimentation, de l'âge, de l'espèce, des individus, etc., les travaux de Baumann, d'Oswald, de Blum, etc. (*Zeit. f. phys. Chem.*, 1899, et Bd. XXI et XXIII).

place des plus importantes. Quand le rejeton est fils d'une alcoolique, d'une typhique, d'une paludéenne, d'une pneumonique, d'une tuberculeuse, etc., d'une femme en pleine infection ou intoxication vers la fin de la grossesse; quand lui-même a été cachectisé par différents processus (gastro-entérite, broncho-pneumonie, etc.), généralement on constate l'absence d'iode dans sa thyroïde ([1]). Inversement, lorsqu'il n'existe aucune tare maternelle, lorsque le nouveau-né, d'ailleurs bien constitué, a succombé en quelques instants, pendant l'accouchement, à un accident du travail (hémorragie, asphyxie, etc.), on rencontre ordinairement, dans la thyroïde, des quantités dosables de ce principe spécifique.

» On comprend, du reste, relativement à cette présence ou à cette absence de l'iode, qu'il soit délicat de fixer d'ores et déjà des proportions bien définies que des recherches plus longtemps poursuivies pourraient modifier. Ces variations sont d'autant plus probables qu'il n'est pas toujours facile de savoir d'une façon exacte, chez le nourrisson, où commence la maladie et prend fin l'état physiologique.

» Quoi qu'il en soit, ces influences pathologiques paraissent incontestables, elles tendent à faire disparaître complètement l'iode; d'un autre côté, comme la thyroïde exerce, en partie grâce à cet élément, une action manifeste sur le développement de l'organisme, de telles variations ont une importance facile à saisir, surtout chez des sujets dont l'évolution laisse déjà à désirer.

» Peut-on aller plus loin et se demander (l'influence de l'alimention réduite ici au régime lacté étant éliminée) les motifs de ces fluctuations dans la teneur en iode, même chez les sujets sains en apparence?

» La réponse est difficile. Peut-être faut-il invoquer l'infériorité des cellules du rejeton, soit une infériorité native tenant à ce que ces cellules issues de la prolifération d'éléments maternels tarés ne sauraient fonctionner intégralement, soit une insuffisance dépendant des propriétés toxiques de certains poisons pathologiques qui, circulant dans l'organisme malade de la mère, sont allés, en traversant le placenta, influencer les tissus du fœtus en voie de formation. »

([1]) Parmi les rejetons tarés dont le corps thyroïde contenait de l'iode, figurent ci-dessus deux syphilitiques, mais leurs mères prenaient de l'iodure de potassium.

PATHOLOGIE. — *Reproduction expérimentale de la carie dentaire.* Note de M. **J. Choquet**, présentée par M. Duclaux.

« L'origine microbienne de la carie dentaire a été mise hors de doute par les travaux de Vergne, Galippe et Vignal, Miller, Underwood et Mills, Goadby, mais sa reproduction expérimentale n'avait pas encore été obtenue. C'est dans le but de combler cette lacune que j'ai entrepris les expériences suivantes : de trois dents obturées depuis un temps variant de quatre à sept ans et dont l'obturation était restée intacte, j'ai réussi à isoler cinq espèces microbiennes que j'ai cultivées à l'état de pureté. Le n° 1, qui a été étudié tout spécialement au point de vue de la reproduction expérimentale de la carie dentaire, fera l'objet de cette Note. Les caractères des autres espèces seront décrits ultérieurement.

» C'est un court bacille mobile, présentant comme des formes ramifiées sur bouillon, se décolorant par la méthode de Gram et ne liquéfiant pas la gélatine. Il croît très bien sur bouillon peptonisé soit à la température ordinaire, soit à 37°, mais il ne pousse que difficilement sur les milieux solides usuels et pas du tout sur gélose, pomme de terre et sérum; sur gélatine peptone il ne donne des colonies que le cinquième ou sixième jour : celles-ci sont ovales, opaques et blanchâtres. En piqûre, trace granuleuse s'entourant d'une zone nébuleuse au bout de huit à dix jours.

» La culture est singulièrement favorisée par addition à la gélatine de 1 pour 100 de glycérophosphate de chaux.

» C'est un anaérobie facultatif avec tendance à se développer plus rapidement dans le vide. Il fait fermenter la glycérine, la mannite, le glucose, le galactose, le saccharose, le lactose, le maltose, la dextrine et l'inuline. Il est sans action sur la dulcite, l'érythrite, l'arabinose et les nitrates. Il ne peptonifie pas l'albumine, ne coagule pas le lait, ne liquéfie pas l'empois d'amidon et ne donne pas d'indol avec la peptone.

» C'est avec une culture pure sur gélatine que je tentai de reproduire la carie expérimentale sur un animal vivant. Dans ce but, je pratiquai dans la portion labiale d'une incisive de mouton une cavité de 3^{mm} à 4^{mm} de large et d'environ 2^{mm} de profondeur, sans atteindre la chambre pulpaire. Une petite cupule de platine, préalablement flambée, chargée de culture, fut introduite dans la cavité de manière à mettre cette dernière en contact avec la dentine. Le tout fut recouvert d'une obturation au ciment protégée contre l'action de la salive par une goutte de cire.

» Neuf mois après, l'animal fut sacrifié et l'obturation enlevée. Le fond de la cavité présentait une teinte jaunâtre due à la dentine ramollie par

l'action du microbe inoculé. D'ailleurs, un ensemencement de la partie cariée me donna une culture pure du bacille n° 1 qui avait servi à l'expérience. La démonstration était faite. J'ajoute en terminant que j'ai trouvé le même organisme dans les trois cas que j'ai étudiés. »

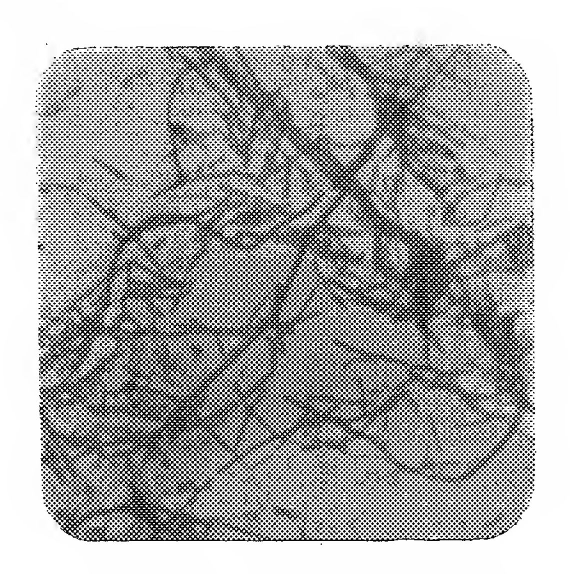
PATHOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Sur un nouveau microbe pathogène, la* Bactéridie myophage *du lapin* (Bacillus myophagus cuniculi). Note de M. C. **Phisalix**, présentée par M. A. Chauveau.

« Le microbe qui fait l'objet de cette Note est l'agent d'une maladie spontanée chez le lapin, mais cette maladie est rare et peut facilement passer inaperçue, car les lésions sont d'abord localisées dans le système musculaire. Comme son nom l'indique, le microbe prolifère dans les muscles dont il se nourrit et qu'il désagrège; si les lésions sont peu accentuées et disséminées, elles ne sont perceptibles ni à l'œil ni au toucher et les symptômes de paralysie ou de contracture qu'elles déterminent font plutôt penser à une maladie du système nerveux.

» Quelquefois cependant, les altérations musculaires se manifestent au dehors par une tuméfaction limitée ou par quelque phénomène résultant du siège des muscles atteints. C'est ainsi que l'exophtalmie révèle l'envahissement des muscles de l'œil, et c'est ce système qui m'a fait découvrir les muscles malades et le microbe pathogène chez le lapin dont je vais relater l'observation.

» *Observation.* — Un lapin mâle pesant $2^{kg},030$ a reçu, du 31 octobre au 27 décembre 1898, dans la veine de l'oreille, quatre inoculations, de 12^{cc} à 15^{cc} chacune, d'une culture chauffée du microbe de la septicémie des cobayes que j'ai décrite antérieurement. Sans insister sur les détails de cette expérience, je dirai que, le 6 janvier 1899, ce lapin paraissait bien portant; son poids était de $2^{kg},110$. Le 12 janvier, cet animal est dans un état inquiétant; son poids est tombé à $1^{kg},850$; il y a exophtalmie de l'œil gauche; les paupières sont collées par l'exsudat des conjonctives enflammées. Les jours suivants, l'état s'aggrave, l'animal maigrit de plus en plus; on le trouve mort le 15 janvier au matin. A l'autopsie, on ne trouve rien d'anormal dans les viscères. Après avoir énucléé l'œil gauche pour chercher dans la cavité orbitaire la cause de l'exophtalmie, on trouve les muscles ramollis, formant une masse jaunâtre, caséeuse. On coupe l'arcade zygomatique et l'on constate que l'extrémité maxillaire du muscle temporal et le masséter sont jaunes, ramollis, nécrosés. Il en est de même des ptérygoïdiens, des muscles profonds du cou et des muscles pharyngiens. Çà et là on trouve des foyers de ramollissement caséeux et, en certains points, les os du crâne sont dénudés. Au microscope, à un faible grossissement, on voit des fibres musculaires

isolées dégénérées, au milieu de leucocytes et de globules de graisse. La coloration au violet de gentiane met en évidence des bacilles et des filaments ténus qu'on ne retrouve pas dans le sang. Les cultures du sang restent stériles. Les muscles malades, ensemencés dans le bouillon, donnent une culture d'un microbe identique à celui que l'on trouve dans les muscles.



» *Bactériologie. Aspect des cultures.* — La prolifération du microbe dans le bouillon de bœuf peptonisé se fait lentement; ce n'est qu'après vingt-quatre heures, plus souvent même après quarante-huit heures, qu'elle devient apparente sous forme de petites touffes filamenteuses qui partent du fragment du muscle ensemencé, puis des flocons cotonneux nagent dans le liquide d'abord clair et ensuite légèrement trouble. Peu à peu, le bouillon s'éclaircit et les microbes se déposent au fond. Les cultures présentent encore deux caractères particuliers qui les font facilement reconnaître. Dès le début, des bulles gazeuses sortant du morceau de muscle s'accumulent à la surface du liquide et forment en se réunissant des taches blanches spumeuses; une fois que le microbe a nettement proliféré, il se développe une odeur forte, caractéristique, rappelant celle de fromage.

» *Caractères morphologiques et biologiques du microbe.* — Dans une préparation fraîche et non colorée, le microbe apparaît comme un bacille immobile, réfringent, homogène, non articulé, de longueur variable. On trouve des bacilles courts, droits, rigides, à côté de filaments très longs occupant tout le champ du microscope et s'enchevêtrant dans tous les sens. Il se colore par les solutions hydro-alcooliques de couleurs d'aniline,

mais il ne prend pas le Gram et se décolore par la méthode de Ziehl. Après coloration, on distingue nettement les espaces clairs qui fragmentent le bacille ou le filament en articles plus ou moins longs. Le microbe est entouré d'une gaine claire, bien visible après coloration à la fuchsine. Dans les cultures âgées, les formes courtes, fragmentées dominent, le protoplasma devient granuleux et se creuse de petites vacuoles; il y a un grand nombre de granulations libres colorables et peu réfringentes.

» La photographie ci-dessus, que je dois à l'obligeance de M. Choquet, représente, au grossissement de 1650, l'aspect du microbe dans une préparation à la fuchsine. Ce microbe se cultive difficilement dans les milieux usuels, et il est rare qu'il prolifère quand on le réensemence en deuxième génération. J'ai essayé sans succès divers milieux : bouillons peptonisés, glycérinés, glycosés; lait, agar simple et glycériné, pomme de terre. Le procédé qui m'a donné les meilleurs résultats est le suivant : dans du bouillon de bœuf peptonisé, on introduit aseptiquement un morceau de muscle frais de cobaye; et l'on ensemence ensuite avec la culture originelle; dans ces conditions, le bacille prolifère et conserve sa virulence : j'ai pu ainsi le propager pendant trois générations successives. Ce microbe ne pousse pas dans le vide. Laissé en contact avec l'air, il perd assez vite sa virulence; il la conserve un peu plus longtemps en pipettes fermées; au bout de quatre mois, il tue encore le lapin en produisant les lésions musculaires caractéristiques que nous allons décrire.

» *Inoculation.* — Si l'on inocule dans la veine de l'oreille d'un lapin 1^{cc} d'une culture récente de bactéridie myophage on provoque, à coup sûr, une maladie qui évolue en trois à quatre jours et se termine par la mort. En deux heures, la température s'élève de 1° à $1^{\circ},5$; la fièvre persiste avec quelques oscillations jusqu'au dernier jour de la maladie, puis elle diminue rapidement; la température rectale peut descendre jusqu'à 27°. Cet abaissement coïncide, en général, avec des troubles de paralysie plus ou moins étendue : l'animal, immobile, est affaissé sur le ventre, les pattes antérieures écartées; la tête repose sur le sol; souvent il y a du torticolis, de l'opisthotonos, du nystagmus; à la palpation, on perçoit du gonflement et de la crépitation en différents points du corps. Dans deux expériences j'ai observé le gonflement du masséter et un peu d'exophtalmie. La diarrhée est fréquente et survient dès le début. En même temps que la température baisse, la respiration devient moins fréquente et le cœur se ralentit; l'animal meurt dans l'algidité.

» A l'autopsie, les lésions sont localisées dans les muscles. Elles sont

plus ou moins accentuées et plus ou moins étendues. Au premier degré, ce sont de petits tubercules blanchâtres entourés d'une zone congestive; le plus souvent, ce sont de larges taches pâles de couleur mastic, au niveau desquelles le tissu musculaire est profondément mortifié. Ces foyers de nécrose peuvent exister dans toutes les régions; on en trouve dans le muscle cardiaque; ils ne manquent presque jamais dans les muscles de la gouttière vertébrale. Quand la survie est assez longue, la mortification peut gagner les os; dans un cas, je l'ai vue envahir le cervelet. L'ensemencement du muscle nécrosé donne quelquefois, à côté de la bactéridie myophage, des espèces différentes, tant aérobies qu'anaérobies, mais ces microbes ne sont pas les agents de la maladie; ce n'est que secondairement qu'ils ont envahi les muscles malades, surtout quand ceux-ci se trouvent au voisinage de la bouche ou du pharynx.

» *Réceptivité.* — Le chien paraît assez résistant. 4^{cc} de culture récente, inoculés dans la vessie d'un chien de $6^{kg},700$, n'ont pas déterminé de symptômes graves. Le pigeon succombe à l'inoculation intra-musculaire avec des lésions de nécrose très étendues. Il en est de même du cobaye.

» En résumé, il existe chez le lapin une maladie caractérisée par une mortification plus ou moins étendue du tissu musculaire. Elle est produite par la prolifération d'un bacille filamenteux, aérobie, dont l'inoculation reproduit les lésions musculaires. Il diffère du bacille de la nécrose de Bang et du *streptothrix cuniculi* de Schmorl. Aussi, à cause de sa localisation primitive dans le tissu musculaire, qui est son milieu de culture par excellence, je lui ai donné le nom de *bactéridie myophage* et je propose de désigner la maladie qu'il provoque sous le nom de *myosite nécrosante.* »

TÉRATOLOGIE. — *Des différenciations hétérotopiques. Processus tératologiques.* Note de M. **Étienne Rabaud**.

« L'arrêt de développement est actuellement considéré comme le principal, presque l'unique processus tératologique. Cette conception paraît être excessive dans son extrême simplicité; elle repose sur une interprétation inexacte de faits incomplètement analysés.

» Outre que dans le nombre des *arrêts de développement* il est aisé de reconnaître plusieurs phénomènes dissemblables, il existe encore d'autres processus qui président à la formation de certains types monstrueux, processus qui n'ont pas été signalés.

» Il en est un en particulier qui joue un rôle important dans la production des anomalies : c'est la *différenciation hétérotopique*. Sous ce titre, j'entends en réalité deux processus secondaires, de même ordre, mais différents par leurs résultats. Tous deux ont pour origine la possibilité que possèdent les organes de naître en tout ou partie sur le blastoderme en un lieu différent de celui qui lui est ordinairement assigné, soit avec ses contours habituels (*différenciation hétérotopique figurée*), soit en nappe (*différenciation hétérotopique diffuse*).

» Dans les cas les plus simples, il y a déviation d'une ébauche embryonnaire longue. Ainsi la différenciation du système nerveux des Plagiencéphales ne se fait pas suivant une droite mais bien suivant une ligne courbe : toute la portion du tube neural qui correspond aux futures vésicules encéphaliques se dispose presque perpendiculairement à la portion médullaire. C'est une différenciation courbe et non pas une inflexion d'origine mécanique (1).

» Dans d'autres cas, il arrive qu'un tissu embryonnaire, tout en conservant sa situation et sa direction normales, dépasse à droite et à gauche ses limites habituelles. Chez les Cyclocéphaliens, par exemple, toute la portion encéphalique du système nerveux, au lieu de se constituer aux dépens d'un espace très limité de l'ectoderme dorsal, résulte de la transformation totale de cet ectoderme dorsal; il se produit une large nappe nerveuse qui ne marque aucune tendance à s'invaginer (2).

» La même disposition se retrouve dans le *spina-bifida*. Tourneux et Martin, qui l'ont figurée, en font, contre toute évidence, un *arrêt de développement* (3). En réalité, l'évolution médullaire n'est point arrêtée ni retardée, elle s'est étendue et déplacée, elle forme ce que ces auteurs ont appelé la *nappe médullaire*. J'ai eu l'occasion de vérifier ces faits sur l'embryon de poulet; je me réserve d'y revenir.

» On rencontre probablement aussi ce processus, mais plus limité, dans l'exencéphalie, si l'on peut en juger par la relation d'examens histologiques pratiqués chez le nouveau-né (4). Enfin, lorsque les Amidiens pos-

---

(1) ÉTIENNE RABAUD, *Essai de Tératologie. Embryologie des poulets omphalocéphales* (*Journal de l'Anatomie et de la Physiologie*, 1898, p. 558).

(2) ÉTIENNE RABAUD, *Premier développement de l'encéphale et de l'œil des Cyclopes* (*Société de Biologie*, 13 janvier 1900).

(3) TOURNEUX et MARTIN, *Contribution à l'histoire du* spina-bifida (*Journal de l'Anatomie et de la Physiologie*, 1881).

(4) PAUL BERGER, *Considérations sur l'origine, le mode de développement et le traitement de certaines encéphalocèles* (*Revue de Chirurgie*, avril 1890).

sèdent un rudiment de système nerveux, celui-ci occupe l'aire embryonnaire tout entière; ici la diffusion est poussée à l'extrême ([1]).

» Ces *différenciations hétérotopiques*, figurées ou diffuses, montrent que le lieu d'origine d'une ébauche embryonnaire peut se déplacer et se déplace sur le feuillet qui lui donne naissance; que, de plus, tous les éléments cellulaires d'un feuillet peuvent prendre part à une même différenciation (ainsi que cela arrive d'une façon constante chez les êtres les plus inférieurs). Dès lors, il est permis de se demander si un feuillet blastodermique ne pourrait produire deux ou plusieurs ébauches de même nature au lieu d'une seule. C'est ce que Lebert ([2]) pensait, lorsqu'il attribuait à un phénomène d'*hétérotopie plastique* l'origine des kystes dermoïdes; Magitot ([3]), de son côté, accepte cette manière de voir.

» Les faits embryologiques sont d'accord avec cette vue inductive. Certaines formations doubles n'ont sans doute pas d'autre origine qu'une *différenciation hétérotopique figurée, supplémentaire*. Pour ma part, j'ai déjà signalé sans insister un cas de bifurcation caudale de la corde dorsale ([4]) pour lequel on ne pouvait invoquer la soudure de deux embryons. De plus, j'ai récemment observé deux cas de moelle épinière bifide ([5]) chez des embryons de poulet, qui ont la même origine.

» Au reste, toutes ces observations cadrent le mieux du monde avec les recherches expérimentales d'ovotomie.

» Les différenciations hétérotopiques sont évidemment limitées par la spécificité des feuillets du blastoderme. Même dans ces limites, le domaine du processus est encore fort large; bien des faits d'organes doubles, d'organes déplacés, d'organes coalescents lui sont probablement imputables. »

([1]) Étienne Rabaud, *Blastodermes de poule sans embryon (Amidiens) (Bibliographie anatomique*, 1899).

([2]) Lebert, *Des kystes dermoïdes et de l'hétérotopie plastique en général (Mémoires de la Société de Biologie*, 1852).

([3]) Magitot, *Études tératologiques. De la polygnathie chez l'Homme (Annales de Gynécologie*, 1895).

([4]) Étienne Rabaud, *Embryologie des Poulets omphalocéphales (op. cit.)*.

([5]) Observations inédites.

MÉDECINE. — *Action thérapeutique des phosphoglycérates acides*. Note de M. G. **Bardet**, présentée par M. Arm. Gautier.

« En 1894 et en 1895, M. Albert Robin faisait diverses communications à l'Académie de Médecine sur l'action pharmacodynamique des préparations d'acide phosphoglycérique : on ne connaissait à cette époque que les sels neutres à base de calcium, de sodium, de potassium, de magnésium et de fer. Depuis, MM. Adrian et Trillat (*Comptes rendus*, p. 1215; avril 1898) ont fait connaître un mode de préparation qui permet d'obtenir les glycérophosphates acides.

» J'ai étudié l'action de ces nouvelles préparations sur l'économie, au moyen des sels de calcium et de sodium possédant une valence encore libre et j'ai pu constater les effets suivants :

» A. *Doses faibles*. — 1° En raison de la réaction acide très nette de leurs solutions, les phosphoglycérates acides ne peuvent être employés en injections hypodermiques sous peine de provoquer une irritation qui les rend à ce point de vue inférieurs aux sels neutres.

» 2° A la dose de 3gr ou 4gr, administrés par voie gastrique, l'action dynamophore déjà observée avec les sels neutres s'observe également, mais elle est certainement plus rapide et plus intense.

» 3° L'excrétion phosphatique urinaire n'est pas sensiblement augmentée par l'ingestion des phosphoglycérates acides, même quand on atteint des doses élevées.

» 4° Le coefficient azoturique est considérablement élevé par l'emploi des phosphoglycérates acides administrés à faible dose (1gr à 3gr); il n'augmente plus ensuite si l'on élève les doses.

» Ce coefficient azoturique (azote de l'urée : azote total) si la normale est placée entre 80 à 85 pour 100, monte à 85 ou 90 pour 100 et peut dépasser ce chiffre.

» 5° En même temps que se produit cet effet, on constate que le titre acidimétrique de l'urine augmente sensiblement.

» Si l'on accepte comme normal le nombre 4,5 pour le rapport du titre acidité en SO^4H^2 du litre, rapporté à l'excès de densité de l'urine sur l'eau, ainsi que l'a proposé Joulie, on trouve que chez des malades ordinairement en état d'hypoacidité urinaire (0 à 1 par exemple), le titre remonte à 2 ou 3 et même à 3,5 si les doses de phosphoglycérate acide de calcium ou de sodium sont portées à 6gr ou 7gr.

» Ce titre ne peut pas être dépassé, même si l'on élève les doses, et pour arriver à la normale 4,5 environ il faudrait ajouter une quantité variable d'acide phosphorique dilué.

» Les phosphoglycérates neutres élèvent très légèrement le titre de l'acidité urinaire, mais ils sont à ce point de vue incomparablement inférieurs aux sels acides.

» B. *Doses élevées*. — Si, au lieu de 2gr à 6gr, on pousse les doses de phosphogly-

cérate acide de sodium à 15gr et 25gr par jour, on constate que ces doses élevées sont fort bien supportées et l'on note les effets suivants :

» 1° A haute dose le phosphoglycérate acide de sodium exerce une action laxative et purgative très douce qui pourrait rendre de sérieux services en thérapeutique.

» 2° Par son mécanisme, cette action ressemble à celle du phosphate tribasique de sodium, mais elle s'en distingue par une action cholagogue très intense qui manifestement influence de manière favorable la digestion des dyspeptiques hyperchlorhydriques dont le foie est insuffisant.

» 3° Outre ces phénomènes particuliers, on observe en même temps tous les phénomènes constatés dans l'emploi des petites doses, mais sans que l'intensité des effets soit le moins du monde influencée par l'élévation de la dose.

» *Conclusion.* — On peut conclure que les phosphoglycérates acides reproduisent avec plus d'intensité les effets des phosphoglycérates neutres, et qu'au point de vue des réactions urinaires ils agissent dans le même sens mais à un degré moindre que l'acide phosphorique, suivant la Communication de Joulie (*Comptes rendus,* mars 1897).

» Le détail de ces recherches sera publié ultérieurement. »

M. Charles Faga adresse un Mémoire avec croquis, relatif à un mode de navigation intérieure par petites chutes.

A 4 heures et demie, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 4 heures trois quarts.

M. B.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans la séance du 12 mars 1900.

Atlas photographique de la Lune, publié par l'Observatoire de Paris, exécuté par M. M. Lœwy, Directeur de l'Observatoire, et M. P. Puiseux; 4e fasc. comprenant : 1° *Études sur la topographie et la constitution de l'écorce lunaire* (suite); 2° Planche *d* : *Image obtenue au foyer du grand équatorial coudé;* 3° Planches XVIII à XXIII : *Héliogravures d'après les agrandissements*

sur verre de trois clichés des années 1894, 1896 et 1897. Paris, Imprimerie nationale, 1899; texte, 1 fasc. in-4°; planches, 1 fasc. in-plano.

Sur la coordination et la répartition des fractures et des effondrements de l'écorce terrestre en relation avec les épanchements volcaniques, par M. A. Michel-Lévy, Membre de l'Institut. Paris, 1898; 1 fasc. in-8°. (Hommage de l'Auteur.)

Leçons de Physique générale, par James Chappuis et Alphonse Berget; 2e édition entièrement refondue. T. II : *Électricité et Magnétisme.* Paris, Gauthier-Villars, 1900; 1 vol. in-8°. (Présenté par M. Lippmann.)

Mesures des températures élevées, par M. H. Le Chatelier et O. Boudouard. Paris, G. Carré et C. Naud, 1900; 1 vol. in-8°.

Les stations de l'âge du Renne dans les vallées de la Vézère et de la Corrèze, documents publiés par le Dr Paul Girod et Elie Massénat; fasc. 7-10. Paris, J.-B. Baillière et fils, 1899; 1 fasc. in-4°. (Présenté par M. A. Gaudry. Hommage des Auteurs.)

Les explosifs, les poudres, les projectiles d'exercice : leur action vulnérante, par H. Nimier et Ed. Laval. Paris, Félix Alcan, 1899; 1 vol. in-12. (Présenté par M. Lannelongue.)

Les projectiles des armes de guerre, leur action vulnérante, par H. Nimier et Ed. Laval. Paris, F. Alcan, 1899; 1 vol. in-12. (Présenté par M. Lannelongue.)

Les armes blanches, leur action et leurs effets vulnérants, par H. Nimier et Ed. Laval. Paris, F. Alcan, 1900: 1 vol. in-12. (Présenté par M. Lannelongue.)

Sujets de prix proposés par l'Académie des Sciences, Inscriptions et Belles-Lettres de Toulouse, pour les années 1900-1902. Toulouse, 1 feuillet in-12.

Annales d'Hydrologie et de Climatologie médicale; t. V, n° 1, janvier 1900. Paris, G. Carré et C. Naud; 1 fasc. in-8°.

Ministère de la Marine. Revue maritime; t. CXLIV, 460e livraison, janvier 1900. Paris, R. Chapelot et Cie; 1 fasc. in-8°.

Bulletin de l'Académie des Sciences, Inscriptions et Belles-Lettres de Toulouse; t. II, 1898-99, nos 1-4. Toulouse, 1899; 4 fasc. in-8°.

Bulletin officiel de la propriété industrielle et commerciale; nos 832-839, janvier-février 1900. Paris, Camille Rousset; 8 fasc. in-4°.

Une page de l'histoire de la Chimie générale en Belgique : Stas et les lois des poids, par Louis Henry. Bruxelles, 1899; 1 fasc. in-8°.

Rede zur Feier der Jahrhundertwende in der Halle der königl. technischen

Hochschule zu Berlin am 9. *Januar* 1900, gehalten von dem zeitigen Rektor A. Riedler. s. l.; 1 fasc. in-8°.

Ueber die geschichtliche und zukünftige Bedeutung der Technik. Rede gehalten von A. Riedler. s. l., 1900; 1 fasc. in-8°.

Die decimale Zeit- und Kreistheilung, ein Culturfortschritt, von P. Crueger. Berlin, Rudolf Mückenberger; 1 opuscule petit in-4°.

Bogengänge und Raumsinn, von E. v. Cyon. s. l., 1897; 1 fasc. in-8°.

Ohrlabyrinth, Raumsinn und Orientirung, von E. von Cyon. Bonn, 1900; 1 fasc. in-8°.

Le sens de l'espace chez les souris dansantes japonaises, par E. de Cyon. Paris, L. Maretheux, s. d.; 1 fasc. in-8°.

El agua de Penuelas como fuerza motriz y su esterilizacion por el ozono, por Luis-E. Mourgues. Valparaiso, imp. del Universo, s. d.; 1 fasc. in-8°.

Catalogue of the first four thousand samples in the soil collection of the division of soils, by Milton Whitney; Washington, 1899; 1 fasc. in-8°.

Proceedings of the Boston society of natural history; vol. XXIX, n°s 1-8. Boston, 1899; 8 fasc. in-8°.

Anales de la oficino meteorologica argentina, por su Director Gualterio G. Davis; t. XII. Buenos-Aires, 1898; 1 vol. in-4°.

La Naturaleza, publ. baja la direccion del Sr Dr Manuel M. Villada; seg^da serie, t. III, cuadernos numeros 1-4. Mexico, 1898-99; 2 fasc. pet. in-f°.

Science of man and australasian anthropological journal, edited by Dr A. Carroll; vol. II, n° 12, january 1900. Sidney; 1 fasc. in-4°.

Bulletin de la Société industrielle de Mulhouse; t. LXX, janvier 1900. Mulhouse-Paris; 1 fasc. in-8°.

Casopis pro pestovani mathematiky a fysiky; rocnik XXIX, cislo 1-3. V Praze, 1899-1900; 3 fasc. in-8°.

Uvod do nauky o determinantech, sepsal F.-J. Studnicka. V Praze, 1899; 1 vol. in-8°.

Hydrodynamika, sepsal Fr. Kolacek. V Praze, 1899; 1 vol. in-8°.

Observations faites à l'observatoire météorologique de l'Université impériale de Moscou, décembre 1898-août 1899. s. l.; 8 fasc. in-8°.

Archives des Sciences biologiques, publiées par l'Institut impérial de Médecine expérimentale à Saint-Péterbourg; t. VII, n° 5. Saint-Pétersbourg, 1899; 1 fasc. in-4°.

OUVRAGES REÇUS DANS LA SÉANCE DU 19 MARS 1900.

Traité de Géologie, par A. DE LAPPARENT, Membre de l'Institut; 4ᵉ édition refondue et considérablement augmentée. Fascicule III : *Géologie proprement dite*, page 1241 à fin. Paris, Masson et Cie, 1900; 1 vol. in-8°. (Hommage de l'Auteur.)

Système de télégraphie multiple réversible ou multiplex, par M. E. MERCADIER. Paris, Vve Ch. Dunod, 1899; 1 fasc. in-8°. (Hommage de l'Auteur.)

La constitution du monde. Dynamique des atomes, nouveaux principes de Philosophie naturelle, par Mme CLÉMENCE ROYER. Paris, Schleicher frères, 1900; 1 vol. in-8°. (Hommage de l'Auteur.)

Les crises et la reprise des affaires : possibilité de les prévoir par la corrélation entre l'encaisse et le portefeuillle des banques. Paris, imp. Dufrénoy, 1900; 1 feuille in-f°.

Bulletin des Sciences mathématiques, rédigé par MM. GASTON DARBOUX et JULES TANNERY. 2ᵉ série, t. XXIV, janvier 1900. Paris, Gauthier-Villars; 1 fasc. in-8°.

Société des Ingénieurs civils de France. Annuaire de 1900, 53ᵉ année. Paris, 1900; 1 vol. in-8°.

Bulletin de la Société d'Agriculture, Industrie et Arts du département de la Lozère; t. LII, janvier 1900. Mende, imp. A. Privat; 1 fasc. in-8°.

Comptes rendus mensuels des réunions de la Société de l'Industrie minérale, janvier-février 1900. Saint-Étienne, J. Thomas et Cie; 1 fasc. in-8°.

Gouvernement général de l'Indo-Chine. Direction de l'Agriculture et du Commerce. Bulletin économique de l'Indo-Chine; 3ᵉ année, 1er janvier 1900. Saïgon, 1 fasc. in-8°.

Le opere di Galileo Galilei. Edizione nazionale, sotto gli auspicii sua Maesta il Re d'Italia; vol. IX. Firenze, tip. di G. Barbera, 1899; 1 vol. petit in-4°. (Envoi de M. le Ministre de l'Instruction publique d'Italie.)

Reale Accademia dei Lincei. Osservazioni astronomiche e fisiche sulla topographia e costituzione del pianeta Marte, fatte nella Specola reale di Brera in Milano coll' equatoriale di Merz-Repsold (18 *pollici*) *durante l'opposizione del* 1888*;* Memoria sesta del socio G.-V. SCHIAPARELLI. Roma, coi tipi del Salviucci, 1899; 1 fasc. in-4°. (Hommage de l'Auteur.)

Asie centrale, Chine septentrionale et Nan-Shan, par V.-A. OBROUTCHEF. Saint-Pétersbourg, 1900; 1 vol. in-4°. (Hommage de l'Auteur.)

COMPTES RENDUS

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

DISCOURS PRONONCÉS AUX FUNÉRAILLES DE M. JOSEPH BERTRAND.

DISCOURS DE M. JULES LEMAITRE,

DIRECTEUR DE L'ACADÉMIE FRANÇAISE.

« Messieurs,

» L'Académie française vient de perdre, en M. Joseph Bertrand, un de ses membres les plus illustres, un de ceux dont la renommée était européenne.

» La partie la plus considérable de ses travaux échappe à notre compétence, ou du moins à la mienne. Mathématicien, il avait été un enfant prodige, d'une précocité de génie qui se rencontre quelquefois dans les mathématiques et dans la musique, et qu'on ne voit point dans la littérature. Il avait soutenu ces merveilleux commencements; et, dans un ordre de spéculations accessible à un petit nombre de cerveaux, il était considéré, par tout le monde savant, comme un maître et un créateur.

» Voilà, nous les profanes, tout ce que nous en savons. Nous savons qu'il y a une science des nombres, dont nous avons été à peine capables de balbutier les premiers éléments; que quelques privilégiés seulement y peuvent faire des découvertes, qui les ravissent, qui les font vivre dans une espèce de rêve dont le délice nous est inconnu, et d'où, cependant, sortent quelquefois des inventions pratiques qui transforment l'industrie humaine

et profitent à l'humanité tout entière. Il y a dans la gloire de ces hommes un mystère qui la rend plus sacrée. On les voit un peu du même œil que les Égyptiens voyaient les prêtres d'Isis. Le monde entier, le peuple et les lettrés qui, là-dessus, sont aussi ignorants que le peuple, les vénère sans rien comprendre à ce qu'ils font. Nous les sentons bienfaisants et lointains.

» Et nous les sentons heureux d'une autre façon que nous. L'imagination des nombres et de leurs relations, portée au degré où elle devient du génie, doit faire, aux rares mortels qui en sont doués, une vie intellectuelle notablement différente de la nôtre. On devine qu'ils sont des poètes à leur manière, qu'ils jouent avec les nombres comme les poètes de la parole écrite jouent avec les images concrètes. Le monde des nombres et des formes géométriques qu'ils peuvent traduire est sans doute un infini aussi émouvant que l'univers des formes sensibles. Or celui-ci n'est point fermé aux mathématiciens, mais l'accès de leur univers nous est interdit. N'avons-nous donc pas quelque raison de croire que, si la vie est le songe d'une ombre, leur songe est plus complet que le nôtre et que l'enchantement en est double?...

» Par bonheur pour nous, M. Joseph Bertrand était de la lignée de ces savants de France, les Pascal, les Buffon, les Laplace, les Claude Bernard, qui furent d'excellents écrivains. Il communiquait avec nous et il nous appartenait par ses études sur Pascal, sur d'Alembert, et par ses discours académiques. Il y montrait un esprit original et hardi et qui se plaisait aux saillies brusques plutôt qu'aux développements suivis et réguliers.

» On m'a assuré que c'était aussi sa marque dans ses travaux de mathématiques; que ce qui le distinguait, même là, c'était un génie curieux, alerte, soudain dans ses démarches, imprévu dans ses solutions, admirable par une sorte de subtilité intuitive et rapide.

» L'homme était charmant. Les traces d'un accident célèbre avaient achevé de lui faire un visage pittoresque, un visage de vieux savant de conte familier. Il était la joie de nos discussions par une humeur piquante et par ce qu'il y avait d'inattendu dans les jugements de ce très libre esprit : le tout enveloppé d'une bonhomie souriante et d'une vraie bonté. Inattendus aussi, les trésors de sa vaste mémoire. Sa conversation était pleine de surprises.

» Dans sa vie familiale, inaugurée il y a cinquante-six ans par une aventure quelque peu romanesque, sa bonhomie tendre et gaie répandait comme une cordiale poésie. C'était un père et un grand'père adorable. Tous ses amis vous citeront des traits de sa bonté, de son désintéresse-

ment, de sa charité délicate. Peu d'hommes ont fait autant de bien aux autres hommes.

» Quand il s'agira de son génie scientifique, nous en croirons sur parole et bien volontiers ses confrères de l'Académie des Sciences et les cinq ou six mathématiciens, peut-être, qui sont ses pairs en Europe. Mais quand nous parlerons du charme savoureux de son esprit et de la générosité de son cœur, nous n'aurons qu'à nous souvenir. »

DISCOURS DE M. MAURICE LÉVY,

PRÉSIDENT DE L'ACADÉMIE.

« Messieurs,

» Les hommes comme Joseph Bertrand aiment à être loués par leurs œuvres et leurs disciples. Si tous ses élèves se trouvaient aujourd'hui à Paris, ils lui feraient, à eux seuls, un imposant cortège. Car son nom n'a jamais éveillé chez eux, comme partout, qu'admiration, respect et sympathie profonde.

» La grandeur même de ce nom dit mieux que de simples paroles ce que la mort de celui qui l'a porté et illustré fait perdre tout à la fois aux Sciences et aux Lettres, et ce n'est pas pour vous, ses confrères, collègues ou amis, qu'il serait utile d'y insister.

» Mais ce que nous perdons plus particulièrement à l'Académie des Sciences, ceux qui en font partie sont seuls en état de le mesurer. Ce n'est pas seulement l'une de nos gloires qui s'en va; c'est l'âme même de notre Compagnie qui est atteinte. Car, par la vertu d'un long et mutuel amour, l'âme de notre Secrétaire perpétuel et celle de l'Académie étaient arrivées à une telle communion que depuis longtemps elles n'en faisaient plus qu'une.

» Leur violente séparation aura un long et douloureux retentissement.

» Depuis quarante-quatre ans que Joseph Bertrand siégeait à l'Académie des Sciences, depuis vingt-six ans qu'il y exerçait la suprême dignité du secrétariat perpétuel, ses services se sont chaque jour renouvelés. Sa présence au bureau valait une encyclopédie, une encyclopédie toujours renseignée, toujours ouverte à la bonne page. Avec lui, jamais une question ne demeurait en suspens. Qu'elle fût de science ou de tradition académique, il savait toujours la résoudre ou la faire trancher sur l'heure.

» Cette puissante faculté qui a fini par faire de lui comme l'incarnation

de notre Compagnie, ne tenait pas seulement à l'universalité de son génie, à la sûreté et la spontanéité de sa mémoire, au charme de sa parole ailée et persuasive. Elle était la résultante de tout cela et, en plus, d'une vie éclose et cultivée en milieu savant.

» Illustre en quelque sorte depuis son enfance, causeur partout écouté, il a connu tout ce qui a marqué dans la science des soixante, presque des soixante-dix dernières années. Quant aux savants du commencement du siècle, ou « l'enfant prodige », comme on l'appelait, avait été leur jeune ami, ou il en avait entendu parler par son père ou chez son oncle Duhamel, en telle sorte que l'on peut dire que, si Joseph Bertrand n'a pas, comme Fontenelle, vécu cent ans, il a, du moins au point de vue scientifique et académique, vécu tout notre grand dix-neuvième siècle. Quant au dix-huitième, il en était par sa culture première. Cette haute science du siècle passé, si près et pourtant, à tant d'égards, si loin de nous, il aimait à la rappeler. C'est par elle qu'il commençait volontiers ses leçons du Collège de France, quand l'occasion lui en était offerte. Nul mieux que lui ne savait la ressusciter, la faire renaître de ses cendres et la montrer comme la préface nécessaire de la nôtre.

» Il était ainsi la chaîne qui nous reliait solidement à tout le passé de la Science actuelle et à tout le passé de notre Académie elle-même, dont il a d'ailleurs écrit l'histoire.

» C'est cette chaîne qui se trouve aujourd'hui rompue et qui se remplacera très difficilement.

» Vous parlerai-je de l'homme? Ce sera encore et presque toujours vous parler du savant. Les grandes natures sont simples et Joseph Bertrand me paraît pouvoir être caractérisé d'un mot : il était vrai.

» Il était aussi vrai dans la vie que dans les mathématiques.

» Lorsqu'il ne rencontrait pas les qualités de droiture et de sincérité qui étaient en lui, il se détournait doucement, sans affectation et sans colère.

J'aime qu'avec douceur nous nous montrions sages.

» Mais sa douceur était protégée par une riposte aussi fine que prompte.

» Il était curieux de vérité en tout. Cette curiosité l'a naturellement engagé à tout aborder. Sa mémoire pouvait tout recevoir et tout retenir, et sa raison avant tout mathématique, mais d'admirable ordonnance générale, mettait chaque chose en place et savait découvrir, un peu partout, des doutes à éclaircir et des problèmes à résoudre. C'est ainsi qu'il a été un mathématicien fécond et varié, un érudit de marque et un fin critique.

» Le critique, chez lui, a bien souvent aidé le mathématicien, ce qui n'est pas extraordinaire. Car tout progrès résulte de la judicieuse critique de quelque coin du passé.

» C'est en faisant la critique approfondie d'un théorème fameux de Poisson qu'il a été amené à ses belles découvertes sur les propriétés des intégrales des problèmes de la Dynamique et à une nouvelle méthode pour les aborder.

» Le calcul des probabilités où il est si facile de se tromper, où les plus grands se sont trompés, a naturellement dû attirer le maître critique sûr de ses propres jugements. Cette science devait aussi sourire à son imagination poétique par le singulier don qu'elle a de rendre l'homme un peu prophète. Il l'a toujours cultivée. Il l'a enseignée à diverses reprises au Collège de France et lui a fait une place aussi large que possible, même dans son enseignement moins élevé de l'École Polytechnique, en quoi il a d'autant mieux fait qu'elle n'est pas seulement d'une grande utilité en Astronomie et dans les autres sciences d'observation, mais aussi dans plusieurs branches de l'art de l'ingénieur civil ou militaire. Son ouvrage sur cette matière ardue, résumé des leçons qu'il a faites au Collège de France, l'une des dernières années qu'il y a professé, est et restera un chef-d'œuvre.

» Dans son *Traité de Calcul différentiel et intégral* dont le troisième Volume n'a malheureusement pas paru, le manuscrit ayant disparu dans un incendie, il ne se borne pas à exposer les découvertes des autres; il donne aussi quelques-unes des siennes. Dans le premier Volume notamment, on trouve résumées un très grand nombre d'applications géométriques éparses dans ses divers Mémoires, et il convient de donner une mention toute spéciale à son exposition de la Théorie des déterminants fonctionnels et au rapprochement si commode dans les applications, qu'il a su établir entre ces déterminants et la simple dérivée d'une fonction d'une variable.

» Sa *Thermodynamique* était prête en 1870 et le manuscrit en a été brûlé en même temps que celui du dernier Volume du *Calcul intégral.* Il l'a refait en donnant le résumé de ses leçons d'une année au Collège de France. Il observe qu'il n'a pas entendu faire un traité complet et qu'il n'expose que ce qu'il a compris. Mais, sur ce qu'il prétend n'avoir pas compris, notamment sur les phénomènes irréversibles et l'application du second principe aux corps à température non uniforme, il fait une série de remarques critiques très importantes et qui ont déjà porté des fruits.

» Cet Ouvrage, comme d'ailleurs tous ceux qui sont sortis de sa main,

se distingue par un ensemble d'exercices variés et toujours d'un tour original. Ici, quelques-uns, notamment ceux relatifs aux vapeurs saturées, dépassent de beaucoup le but purement spéculatif pour lequel ils ont été imaginés; ils peuvent être d'une grande utilité à la Physique expérimentale et à l'art de l'ingénieur.

» Parmi les innombrables Traités d'Électricité qui ont paru, le court volume où il résume aussi ses leçons d'une année au Collège de France est le seul où l'on trouve la véritable origine et la raison d'être de cette notion du flux électrique due au génie divinateur de Faraday et passée dans la pratique, bien que Joseph Bertrand ne l'utilise pas systématiquement, étant trop mathématicien pour ne pas avoir préféré, aux procédés du grand physicien anglais, les méthodes rigoureuses d'Ampère pour lequel il avait d'ailleurs une particulière admiration que justifiaient bien des qualités communes.

» Son édition de la *Mécanique analytique* de Lagrange, avec les lumineuses notes dont il l'a fait suivre, est venue à son heure. Bour, Massieu et bien d'autres y ont puisé le goût des hautes questions du Calcul intégral.

» Ses Ouvrages élémentaires ne sont pas moins remarquables que les autres. C'est dans son *Arithmétique* que l'on trouve, pour la première fois, la claire définition de l'incommensurable. Elle est passée depuis dans les parties les plus élevées de la Science.

» Ce n'est pas ici le lieu et il ne serait pas possible d'analyser ses nombreux Mémoires sur les diverses branches des Mathématiques pures ou appliquées à la Mécanique et à la Physique mathématique.

» Qu'il me soit pourtant permis, en ma qualité de mécanicien, de donner une mention à ce principe si simple et si utile de la similitude en Mécanique et en Physique. Il permet de deviner à l'avance les lois de certains phénomènes et toujours de circonscrire le champ de l'inconnu. Par l'emploi des modèles en petit, il est chaque jour appliqué à la construction des grands navires; il commence à l'être en Hydraulique fluviale et dans les constructions civiles.

» Je ne puis m'empêcher de rappeler aussi que la notion d'une intégrale commune à plusieurs problèmes de Mécanique, devenue si fondamentale, a été jetée par lui, il y a longtemps, dans l'un de ses Mémoires, ainsi que l'étude des intégrales algébriques qui a donné lieu également à de beaux travaux.

» Quand on réunira l'œuvre scientifique et l'œuvre littéraire de Joseph

Bertrand on sera étonné qu'une vie humaine ait pu suffire à tant de labeur et qu'un seul cerveau ait pu enfanter tant de pensées originales et en des genres si divers.

» Il restera parmi les grands semeurs d'idées. Ses ouvrages classiques, avec leurs nombreux exercices, ont déterminé bien des vocations, de même que les pensées imprévues, les inspirations soudaines qui lui échappaient au cours de ses leçons du Collège de France ont modifié bien des carrières dans le haut enseignement. Le nombre des thèses de doctorat sorties de là serait difficile à chiffrer.

» S'il jetait la vérité en prodigue, par la plume et la parole, il savait aussi l'aimer et l'apprécier chez les autres. C'est pourquoi il a eu beaucoup d'amis.

» Il la trouvait toujours bonne à dire. C'est pourquoi il a dû s'attirer aussi quelques inimitiés, peu j'imagine; car il la disait toujours pour elle-même, jamais dans le dessein de nuire et autant que possible de façon à ne pas nuire.

» Il savait en inculquer l'amour à la jeunesse. C'est pourquoi il a été un vrai maître.

» Aucune peine ne lui coûtait pour rechercher les jeunes talents et les mettre en lumière, et il n'a pas attendu d'être arrivé lui-même pour se donner cette tâche. Dès sa jeunesse, il l'a considérée comme de devoir étroit pour lui. C'était, sans doute, sa façon de reconnaissance pour les dons exceptionnels qu'il avait reçus de la nature et une façon de n'en pas garder le profit pour lui seul.

» Si tous les riches se mettaient à suivre son exemple, le problème social aurait fait un grand pas.

» Presque au début de sa carrière, alors qu'il n'était que simple professeur de lycée, il devina Foucault, s'attacha à lui, l'aida de sa science mathématique dont Foucault était dépourvu, contribua ainsi à ses découvertes sans se montrer : puis, à peine arrivé à l'Institut, à l'âge de trente-quatre ans, il soutint, contre les plus hautes personnalités de l'époque, une lutte restée célèbre, pour la candidature du grand physicien alors peu connu ou méconnu.

» La bataille ne fut pas sans péril, ni le triomphe sans gloire. Une voix de majorité! Mais l'Institut de France comptait un homme de génie de plus à son actif.

» Il n'est pas de savant qui n'ait trouvé accueil auprès de Joseph Bertrand. A ceux qui lui en paraissaient dignes, il donnait son amitié, ses

conseils, son appui. Il s'inquiétait de leur carrière où qu'ils fussent, faisait des démarches en leur faveur sans le leur dire, et plus d'une fois il a mis toute son ingéniosité à trouver le moyen le plus délicat et le plus acceptable pour eux de leur venir en aide de sa bourse. Il est allé jusqu'à quitter provisoirement ou définitivement une partie de son enseignement pour permettre à tel savant de se mettre plus rapidement en évidence, et, en pareil cas, il se débattait contre les règlements pour abandonner la plus grande part possible de son traitement.

» Il a vraiment montré, par l'esprit, par le cœur et par le caractère, des vertus qui n'appartiennent qu'aux grands hommes, ces vertus rares en tous les temps, plus rares, nous assure-t-on, dans le nôtre, dont, en tout cas, une nation a le droit d'être fière, mais dont elle a aussi le devoir de perpétuer la mémoire et l'exemple.

» Ce n'est que quand ce devoir sera accompli que nous commencerons à nous consoler de l'avoir perdu, et je souhaite bien ardemment que sa famille, dont il était l'idole, qui lui a rendu en amour et en dévouement ce qu'il lui a donné en gloire et en tendresse, puisse un jour trouver là, elle aussi, un soulagement à sa profonde et si naturelle affliction.

» C'est dans cette pensée, cher et vénéré Maître, que votre ancien suppléant au Collège de France vous offre l'hommage respectueux et attristé de cette autre famille qu'a été pour vous l'Académie des Sciences, et dans laquelle l'une de vos dernières et plus grandes joies a été de voir entrer votre fils. »

DISCOURS DE M. BERTHELOT,

SECRÉTAIRE PERPÉTUEL DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES

« MESSIEURS, MES CHERS CONFRÈRES,

» L'Académie est dans la douleur! Elle perd en ce moment l'un de ses représentants les plus illustres et les plus dévoués. Mais la perte est plus grande et plus douloureuse peut-être pour les amis séparés par la mort de Joseph Bertrand! Voici quarante-six ans que nous sommes liés d'une affection qui n'a pas souffert d'éclipse. C'était en 1854 : Bertrand, âgé de trente-deux ans, déjà célèbre par ses découvertes mathématiques, était professeur au Lycée Napoléon. Moins âgé que lui de cinq ans, je venais de débuter par la synthèse des corps gras. Bertrand, empressé à sympathiser avec toute jeune espérance scientifique, m'accueillit et me donna son amitié. Plus tard, nous fûmes collègues au Collège de France. Depuis nous

avons vécu côte à côte, Bertrand me précédant toujours dans la vie scientifique, aussi bien que dans la vie de famille. En 1856, il fut nommé membre de l'Académie; en 1874, il remplaça Élie de Beaumont comme secrétaire perpétuel. Le cours de ma vie fut semblable. D'autres plus compétents vous rappelleront les découvertes de Bertrand, qui l'ont illustré parmi les mathématiciens du monde entier. Nous savons tous quels étaient son autorité, son zèle pour la réputation et les intérêts de l'Académie, la vivacité de son esprit, la facilité de ses relations privées et publiques, la bienveillance avec laquelle il encourageait les jeunes gens dans leurs travaux, et les aidait de ses conseils et des ressources de l'Académie, auxquelles il n'hésita pas à joindre, dans plus d'une occasion, ses ressources personnelles. Voilà pourquoi nous sommes tous réunis autour de cette tombe, dans une commune affliction, avec son fils, notre Confrère, avec toute sa famille si cruellement frappée. Adieu, Bertrand, adieu, mon ami, tes travaux laissent une trace profonde dans l'histoire de la Science et ton souvenir ne s'effacera jamais de nos cœurs! »

DISCOURS DE M. GASTON DARBOUX,

MEMBRE DE L'INSTITUT,

AU NOM DE LA SOCIÉTÉ DE SECOURS DES AMIS DES SCIENCES

« MESSIEURS,

» Le savant illustre auquel nous venons rendre les derniers devoirs a été un géomètre original et inventif, un écrivain éminent, un professeur incomparable; il a été aussi, et au plus haut degré, un homme bienveillant et bon. Les dons si variés et si rares, la merveilleuse pénétration dont il a donné les preuves dès sa plus tendre enfance, lui assuraient d'avance tous les succès; mais ces succès, qui lui ont rendu la vie si facile, n'avaient ni gâté ni endurci son cœur. Cette vivacité de pensée et de langage que certains lui reprochaient dans sa jeunesse s'était apaisée et comme adoucie avec l'âge; elle subsistait encore, mais depuis longtemps elle laissait transparaître aux yeux de tous ce fonds d'équité et de générosité qui était le propre de sa nature. Il a été bon pour sa nombreuse famille, qui lui avait voué un véritable culte, bon pour ses élèves qui pleurent aujourd'hui sa perte et conserveront la mémoire de ses bienfaits, bon pour ses confrères qui, pendant tant d'années, ont pu chaque jour reconnaître et apprécier son amabilité, son dévouement à leurs intérêts. Nul, si ce n'est ceux qui

vivaient près de lui, ne saura jamais le nombre de ceux qu'il a soutenus, encouragés, secourus. Toutes les œuvres de bienfaisance pouvaient compter sur son concours; son temps et sa bourse étaient à leur disposition, son nom aussi, quand ce nom respecté et honoré pouvait leur être utile.

» Aussi, lorsqu'en 1857 le baron Thénard fonda la Société des Amis des Sciences dont le but, aux termes mêmes de ses statuts, est « de venir au secours des savants et de leurs familles dans le besoin », M. Bertrand s'empressa dès les premiers jours d'apporter son adhésion à la nouvelle Société. Au bas des premiers projets conservés dans nos archives, sa signature figure à côté de celles de Boussingault, de Quatrefages, de Becquerel, de Sénarmont, de Balard, de Daubrée, de Frémy, de Deville, de Berthelot et de Pasteur. Il s'inscrivit à la fois comme souscripteur perpétuel et comme donateur annuel. Dès 1864 il entrait au conseil de la Société. En mai 1895 il fut nommé vice-président, et, au mois de novembre de la même année, il succédait comme président à notre grand Pasteur. Le choix unanime de notre conseil lui imposait des devoirs qu'il accepta avec joie, car il était préparé à les remplir. Pendant la trop courte durée de sa présidence, son attention s'est portée sur l'état de nos ressources qui devenaient insuffisantes; il s'est préoccupé des moyens de les rétablir et de les augmenter. Dans ce but il n'a rien épargné, ni lettres, toutes écrites de sa main, ni démarches auprès de tous ceux auxquels il était possible de s'adresser.

» Vous vous rappelez, mes chers confrères, avec quelle sympathie il suivait tous vos succès. Le candidat nouvellement élu, le lauréat d'un prix important recevaient ses félicitations les plus cordiales; mais à ces félicitations M. Bertrand n'oubliait jamais de joindre une sollicitation discrète, toujours bien accueillie, en faveur de sa chère Société, profitant ainsi, pour rappeler les droits des pauvres, du moment où le cœur du savant s'ouvre à la joie la plus douce, celle de recevoir les suffrages de ses maîtres ou de ses pairs.

» M. Bertrand s'adressa avec autant de succès à ces sociétés, devenues si nombreuses aujourd'hui, qui réunissent les savants voués aux mêmes études spéciales; plusieurs ont acquis une grande importance et une véritable autorité. Il leur rappela qu'elles étaient, elles aussi, des personnes morales et, comme telles, tenues d'apporter leur obole à l'œuvre dont il avait pris la direction. Toutes celles qui n'étaient pas liées par leurs statuts répondirent à son invitation; et ainsi nous pûmes élargir le cercle de nos libéralités.

» Permettez-moi de rappeler encore tous les soins qu'il apportait à la

préparation de nos séances annuelles. C'est lui qui, en 1894, avait eu l'idée d'organiser la séance de Lille, dans laquelle Pasteur reçut, sur le théâtre de ses premiers travaux, cet accueil enthousiaste qui devait lui donner une des dernières joies de sa vie. En 1897, devenu président, M. Bertrand contribua à l'éclat d'une de nos séances en nous donnant la primeur de cette magistrale étude sur Viète qui demeurera un de ses écrits les plus parfaits; et, non content de remplir le grand amphithéâtre de la Sorbonne, grâce à l'attraction qu'une lecture de lui exerçait toujours, il voulut nous abandonner encore le produit des droits d'auteur que ce beau travail devait lui rapporter.

» Je m'arrête, Messieurs, la Société des Amis des Sciences rappellera d'une manière plus complète, dans ses séances annuelles, tout ce que son cher président a fait pour elle et pour ceux qu'elle a mission de défendre et de protéger. Aujourd'hui elle m'a chargé seulement d'apporter l'expression de sa profonde reconnaissance, de sa profonde douleur, sur la tombe de celui qui, jusqu'au dernier jour de sa maladie, lui a consacré toute sa pensée et donné tout son cœur. »

DISCOURS DE M. A. CORNU,

MEMBRE DE L'INSTITUT,

AU NOM DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE.

« Messieurs,

» L'École Polytechnique veut, à son tour, apporter à Joseph Bertrand, l'un de ses plus brillants élèves, qui fut aussi pendant un demi-siècle l'un de ses plus illustres maîtres, le tribut de ses regrets et de son affectueuse admiration.

» Elle revendique le grand honneur d'avoir, par ses traditions et sa discipline scientifique, éveillé dans cet esprit précoce, comme Pascal, le génie mathématique et le goût de ce style sobre et incisif qui valurent au jeune savant les suffrages des géomètres et celui des lettrés.

» En retour, Joseph Bertrand consacra à l'École Polytechnique la plus grande part de sa vie laborieuse (1) et fit rejaillir sur elle l'éclat de son nom dont elle est justement fière.

---

(1) Entré à l'École Polytechnique en 1833;
Répétiteur d'Analyse, le 18 mars 1844;

» C'est donc avec une émotion douloureuse que je viens, au nom de notre chère École, rappeler le souvenir de ce maître incomparable, resté jeune jusqu'à la fin, de sa parole précise et claire, de son regard plein de feu qui donnaient tant de vivacité et de charme à son enseignement.

» Combien il nous est doux de rappeler aussi avec quelle bienveillance il accueillait nos camarades, ses jeunes auditeurs qui, de l'École, le suivaient au Collège de France; avec quelle sollicitude il les soutenait de ses conseils et de son autorité pour leur ouvrir cette carrière si difficile des Sciences qu'il parcourait lui-même avec tant d'éclat et une si merveilleuse facilité.

» Nous n'entendrons plus cette voix ardente, nous ne verrons plus fixé sur nous ce regard pénétrant; mais le souvenir du géomètre éminent, de l'homme de cœur restera gravé dans la mémoire de toutes les promotions qui l'ont connu et aimé.

» Adieu, illustre et cher maître, adieu. »

DISCOURS DE M. DUCLAUX,

MEMBRE DE L'INSTITUT,

DIRECTEUR DE L'INSTITUT PASTEUR.

« Messieurs,

» A tous les témoignages de regrets et de reconnaissance apportés autour de cette tombe, l'Institut Pasteur tient à joindre les siens. J. Bertrand nous appartenait avant la fondation de la maison; il l'a aidée à naître en mettant à son service son influence de savant et la connaissance des hommes et des choses. Quand on l'a inaugurée, il a bien voulu lui servir de parrain, et, depuis, il a constamment veillé à ses destinées avec une affectueuse sollicitude. Tous les membres de notre comité de direction ou de notre assemblée se souviendront de l'esprit

---

Examinateur d'admission, 1847-1851;
Professeur d'Analyse, 1856-1895;
Membre du Comité de la Société amicale des anciens Élèves de l'École Polytechnique, 1865;
Le 27 mai 1894, un Comité, composé de ses anciens Élèves, remet à J. Bertrand une médaille gravée par Chaplain, pour fêter la cinquantième année de son entrée dans l'Enseignement.

allègre et généreux avec lequel il présidait à leurs délibérations. Ce que le directeur actuel peut ajouter, après plusieurs années de collaboration incessante, c'est que, au milieu d'une vie remplie de devoirs de toute sorte, à un âge auquel le repos est doux, surtout à qui a beaucoup travaillé, Bertrand a toujours répondu : Présent! quand on faisait appel à son zèle ou à son dévouement pour l'Institut Pasteur.

» Ce n'était pas seulement son amour pour la Science qu'il manifestait ainsi : il traduisait en outre l'affection et l'estime qu'avait su lui inspirer celui qui fut et restera toujours notre maître. C'était un des mérites de ce mathématicien pur d'avoir deviné et apprécié chez Pasteur des mérites si différents des siens. Différents, ces deux savants l'étaient, en effet, autant qu'on peut l'être. Bertrand était la cascade qui étale au soleil son mirage incessant et varié; Pasteur, l'eau qui creuse lentement et profondément la roche. Mais tous deux avaient le sentiment d'être des ouvriers d'une œuvre plus grande qu'eux, d'une œuvre pour laquelle ils se savaient la même foi, et au lieu de se méconnaître ou de se dédaigner, ils se savaient mutuellement gré d'y travailler avec autant d'ardeur et de succès. Dès qu'ils se sont connus, l'amitié est venue fortifier les liens de sympathie qui les unissaient l'un à l'autre. Ce que l'Institut Pasteur peut affirmer aujourd'hui, c'est que cette amitié n'a pas été dénouée par la mort de Pasteur, et qu'avant comme après cette mort, surtout après, elle nous a été tellement bienfaisante que son souvenir survivra chez nous à la fermeture de cette tombe. »

DISCOURS DE M. GASTON PARIS,

MEMBRE DE L'INSTITUT,

ADMINISTRATEUR DU COLLÈGE DE FRANCE.

« Messieurs,

» Le mérite rare et vraiment singulier de M. Joseph Bertrand présente à l'observation, à l'admiration, les aspects les plus divers et presque les plus opposés. Il n'était pas seulement doué d'un génie mathématique qui, comme celui du grand Pascal, se révéla dès l'enfance, d'une curiosité qu'on peut dire universelle, d'une mémoire prodigieuse qui faisait de lui un érudit presque autant qu'un savant : c'était en outre un écrivain d'un style original et personnel, très travaillé sous une apparence de négligence et avec des disparates et des ellipses voulues, un penseur qu'intéressaient tous les problèmes du macrocosme et du microcosme, un amateur passionné

d'art et de poésie, un causeur inépuisable en anecdotes finement contées et en piqûres sans venin; c'était par-dessus tout un esprit ouvert et libre, un cœur d'une bonté simple, d'une délicatesse exquise, d'une sûreté absolue, d'une générosité pleine de grâce. Devant un tel ensemble de qualités solides et brillantes, celui qui voudra tracer une image fidèle du collègue que nous pleurons devra joindre à une compétence infiniment variée les souvenirs d'une longue intimité personnelle. Cette tâche sera certainement remplie : je ne songe pas à l'entreprendre. D'autres, en ce jour même, vous ont déjà parlé ou vous parleront du secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences, du membre de l'Académie française, du professeur à l'École Normale et à l'École Polytechnique, du président de la Société des Amis des Sciences, de l'homme, de l'ami. Je ne veux ici qu'exprimer les regrets profonds que la mort de Joseph Bertrand laisse à ses collègues du Collège de France.

» Il nous appartenait depuis plus de cinquante ans : dès l'année 1847, âgé de vingt-cinq ans seulement, il suppléait son maître, l'illustre Biot, dans la chaire de Physique générale et Mathématique; il le suppléa pendant quinze ans, et fut nommé titulaire, après la mort de Biot, par décret du 29 avril 1862. Depuis lors jusqu'en 1890, il a fait régulièrement son cours, sauf qu'il fut remplacé en 1867 par M. Darboux, de 1874 à 1876 par M. Maurice Lévy, et suppléé par M. Maurice Lévy de 1878 à 1885, par M. Laguerre en 1885-86; depuis 1890 il était suppléé par M. Marcel Deprez.

» Qu'il me soit permis de rappeler ici un détail presque intime, mais qui n'est pas sans intérêt pour l'histoire du Collège et pour la connaissance du caractère de M. Bertrand. Nous avons très sagement établi, dans le règlement actuellement en vigueur, une proportion fixe entre la part du traitement que touche le professeur qui se fait suppléer ou remplacer et celle que touche le suppléant ou remplaçant. Jadis la répartition était laissée à la discrétion du titulaire. Je crois bien que le traitement de M. Bertrand, quand il fut suppléant, resta fort au-dessous de la part fixée aujourd'hui par notre règlement; mais quand il se fit remplacer, sa part fut également inférieure à celle que notre règlement laisse au titulaire. C'est que dans le premier cas ce n'était pas lui qui fixait les proportions du partage, et que c'était lui dans le second.

» Je ne vous parlerai pas ici de ces leçons, dont nos archives conservent le relevé. Il y traitait des sujets dont l'énoncé seul dépasse la moyenne de l'intelligence des profanes. Son premier cours a pour titre : *Étude compara-*

tive des théories auxquelles les géomètres ont tenté d'assujettir les phénomènes de la capillarité; les dernières qu'il ait professées ont roulé sur la *Théorie mathématique de l'électricité*, sur la *Thermo-dynamique* et sur la *Théorie des erreurs d'observation*. Il attirait à ses leçons non une foule qu'il aurait vite trouvé le moyen d'écarter, mais une élite où aux savants déjà célèbres se mêlaient les jeunes gens qui sentaient naître en eux la vocation mathématique et qui la voyaient se préciser et se développer sous son impulsion. Il s'intéressait vivement à ces éveils d'une faculté qu'il avait lui-même possédée, tout jeune, à un degré si éminent. Il aimait que ses auditeurs, après la leçon, vinssent lui poser des questions, lui soumettre des doutes, lui demander de pousser plus avant ce qu'il s'était borné à indiquer dans une exposition concise, qui se piquait d'être élégante en même temps que transcendante. Il devenait pour les jeunes gens un guide et souvent un ami; il leur inspirait autant d'affection que d'admiration. C'est ainsi qu'il vit s'attacher à lui ce jeune Claude Peccot, qui, presque enfant encore, annonçait des dons supérieurs, et qui, à la fleur de l'âge, fut enlevé à la science et à la famille qui le chérissait uniquement. Cette famille a voulu perpétuer sa reconnaissance envers le Collège de France en nous laissant un fonds destiné à permettre à de jeunes savants, surtout mathématiciens, soit de travailler librement, soit de produire en public, dans une de nos chaires, leurs idées ou leurs découvertes. C'est à M. Bertrand que le Collège a dû cette libéralité si bien employée. L'inauguration de l'enseignement créé par la fondation Peccot a eu lieu cette année même et fut une grande joie pour notre collègue, qui avait désigné à notre choix le premier titulaire, et qui voyait avec raison dans cet enseignement d'un caractère si original, à la fois libre et patronné, une innovation capable de rendre les plus grands services à la science, à la jeunesse, au pays, au Collège de France, toutes choses qu'il aimait de tout son cœur.

» Qu'il aimât la science et la France, il l'a prouvé par toute sa vie. Il aima la jeunesse jusqu'à la fin de sa longue carrière; il n'eut jamais contre elle la méfiance ou l'inconsciente jalousie de plus d'un illustre vieillard. Lorsqu'on discutait des candidatures dans nos assemblées, il penchait toujours, — à titres égaux, bien entendu, — pour le candidat le plus jeune, et aussi pour celui qui avait fait le moins de démarches. En cela comme en tout le reste, il manifestait cette indépendance d'esprit qui le caractérisait, et qui lui faisait haïr tout ce qui avait l'air routinier, convenu, scolastique. Il étonnait souvent les assemblées si diverses où l'avaient appelé ses facultés si diverses elles-mêmes par les saillies de son libéralisme intran-

sigeant. Il se retira volontairement du Conseil supérieur de l'Instruction publique parce qu'il vit qu'on tendait à faire prévaloir, pour des examens auxquels il attachait une grande importance, un système trop mécanique, qui ne tenait pas assez de compte de la variété et de l'originalité des esprits. Ces idées libérales et hardies, il les a nettement exposées dans sa déposition récente devant la Commission parlementaire d'enquête sur l'enseignement secondaire, et l'on ne saurait trop engager à méditer cette déposition ceux qui se préoccupent de l'avenir intellectuel de notre pays, et qui ont été frappés, comme lui, du danger que présente notre système d'examens et de concours en faisant la part trop grande à la mémoire, aux dépens de l'initiative personnelle, et en risquant de favoriser la médiocrité et de mettre à l'écart l'originalité créatrice, seule vraiment féconde pour les progrès de la science et la grandeur du pays.

» Cette façon libre et vivante de concevoir l'enseignement désignait Joseph Bertrand pour appartenir au Collège de France, dont elle forme l'esprit même et la raison d'être, et le disposait à aimer notre maison. Aussi l'aimait-il profondément et y était-il très aimé et de plus en plus respecté. Une tradition fondée sur la proportion des représentants des deux groupes qui composent notre corps attribue la présidence de l'assemblée et l'administration du Collège à un représentant des lettres (je ne veux pas dire ici des sciences historiques, car M. Bertrand n'admettait pas que l'histoire, l'archéologie, la philologie fussent des sciences); autrement il y a longtemps que les professeurs du Collège de France eussent été heureux de le mettre à leur tête. Du moins lui ont-ils à peu près constamment rendu hommage en inscrivant son nom sur la liste de présentation et ont-ils toujours prêté à ses avis une attention déférente. C'est que ses avis étaient dictés, — j'en ai donné plus haut des exemples, — par les considérations les plus élevées, par un vif et juste sentiment des conditions d'existence et de progrès de notre institution, et qu'il les exprimait sous une forme heureuse et frappante. Son esprit, jusqu'en ces derniers temps, n'avait rien perdu de sa vigueur et de sa souplesse, ni de cette malice qui, toujours exprimée avec tact, donnait tant de piquant à sa bonhomie. Il savait résumer en quelques mots, de tournure volontiers lapidaire ou même épigrammatique, une sagesse mûrie et féconde en leçons. Aussi plusieurs de ses apophtegmes sont-ils devenus chez nous des proverbes, des « brocards » de notre droit coutumier intime. Nous invoquerons encore bien souvent son autorité enjouée, en regrettant de ne plus voir sa physionomie expressive, de ne plus entendre sa parole

prime-sautière et pittoresque, de ne plus serrer sa main cordiale. Il restera une des plus sûres gloires, et à tous ceux qui l'ont connu de près il laissera un impérissable et cher souvenir. »

DISCOURS DE M. GEORGES PERROT,

MEMBRE DE L'INSTITUT,

DIRECTEUR DE L'ÉCOLE NORMALE SUPÉRIEURE.

« Messieurs,

» Pour aucun des témoins de la vie de Joseph Bertrand, ce ne sera une surprise que l'École Normale ait voulu, elle aussi, apporter sur cette tombe l'hommage de son pieux respect, de son affection et de sa reconnaissance. L'École n'a pas eu l'honneur de compter M. Bertrand au nombre de ses élèves; mais elle est fière d'avoir pu inscrire son nom sur la liste des maîtres qui y ont professé les hautes Mathématiques. Il n'y a rempli cette fonction que pendant quatre ans, de 1858 à 1862; mais il n'en a pas moins exercé sur notre Section des Sciences une influence considérable, et dont la trace ne s'est point effacée, non seulement par l'enseignement qu'il y a donné, mais encore par les liens qu'il avait gardés avec la maison, par les conseils et les encouragements qu'il a prodigués à tous ceux qui aimaient la Science et qui s'adressaient à lui. J'ai recueilli le témoignage de quelques-uns de ceux qui ont entendu ses leçons; ils en ont gardé un souvenir plein d'admiration. Sa pensée, m'ont-ils dit, était merveilleusement rapide; elle allait vite au fond des choses, elle éclairait les difficultés et les faisait s'évanouir. Sa parole était élégante et familière; il improvisait volontiers, et se plaisait à montrer comment on cherche, comment on trouve. Tout en s'appliquant à développer l'initiative de ses élèves, il leur apprenait en même temps cette mesure que le professeur doit toujours garder. Il était l'ennemi de toute enflure, de tout développement inutile ou prématuré; il a toujours prêché la simplicité dans l'enseignement et dans le programme. Si, sur cette matière, ses conseils n'ont pas toujours été suivis, ce n'est pas la faute de ses élèves, qui sont toujours restés fidèles à son exemple et à sa doctrine.

» M. Bertrand ne s'est pas contenté de rendre service à l'École par cet enseignement suggestif et fécond; il a tenu à nous prouver son attachement d'une autre façon encore. Il y a une quinzaine d'années, il est venu apporter au président de l'Association des Anciens Élèves de l'École une somme

importante qu'il ne s'attendait pas, disait-il, à recevoir, qu'il venait de toucher à l'improviste, comme membre d'une association jadis fondée par le baron Taylor. Cette donation est une des plus notables parmi celles qui ont concouru, avec les cotisations annuelles et le produit de nos fêtes, à former le capital, bien trop faible encore, à l'aide duquel nous soutenons les mères, les veuves, les enfants de ceux de nos camarades pour qui la vie a été le moins clémente. Nous avons été profondément touchés de ce concours, que rien ne nous avait donné le droit de réclamer, ni même d'espérer. On ne se doutera jamais, me disait hier un de nos plus illustres confrères, de tout le bien que Bertrand a fait pendant sa longue vie. Il était de ceux qui ne souhaitent point que l'on publie et que l'on vante leur bienfaisance; mais ce n'en est pas moins un devoir pour ceux qui, comme nous, en ont profité, de venir témoigner ici que leur maître et ami a été non seulement un savant de premier ordre, mais aussi un modèle d'active et discrète bonté, que, pour tout dire en un mot, il n'a pas été moins grand par le cœur que par l'esprit. »

SÉANCE DU LUNDI 9 AVRIL 1900,

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE LÉVY.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce à l'Académie que, en raison des fêtes de Pâques, la séance de lundi prochain 16 avril sera remise au mardi 17.

PHYSIQUE. — *Note sur la transmission du rayonnement du radium au travers des corps;* par M. **Henri Becquerel.**

« Dans des Communications précédentes ([1]) j'ai signalé le fait que l'absorption du rayonnement du radium par divers écrans était variable avec la distance de ces écrans à la source radiante. Si l'on disperse par un champ magnétique la partie déviable de ce rayonnement, et si on le reçoit sur une plaque photographique, on reconnaît que divers écrans placés sur la plaque arrêtent les radiations les plus déviées, jusqu'à une limite inférieure variable avec chaque écran, tandis que ces mêmes rayons semblent traverser les écrans lorsqu'ils sont placés près de la source.

» La variation de l'absorption avec la distance des écrans à la source radio-active a été vérifiée par M. et Mme Curie au moyen d'expériences électriques, et par MM. Meyer et Schweidler au moyen de la phosphorescence.

» La première idée qui vienne à l'esprit lorsqu'on cherche à expliquer ce phénomène est de supposer que, au sortir de l'écran absorbant, on ait affaire à un rayonnement nouveau. Ce rayonnement pourrait être le rayonnement incident, dont toutes les radiations auraient une vitesse moindre et seraient transformées en radiations plus déviables; il se pourrait encore que ce rayonnement fût constitué par des radiations secondaires de la nature de celles que j'ai indiquées l'année dernière ([2]), qui paraissent analogues à celles que M. Sagnac a trouvées pour les corps frappés par les rayons X. Ces radiations nouvelles pourraient être identiques aux radiations absorbées, ou avoir une vitesse moindre.

» Dans les Notes rappelées plus haut, j'ai indiqué quelques expériences qui m'avaient été suggérées par ces hypothèses, et qui ont montré que, dans les conditions particulières où je me trouvais, pour des distances de la source ne dépassant pas 1^{cm} environ, le rayonnement transmis semblait émaner de la source plutôt que de l'écran, et que le rayonnement secondaire ne paraissait pas avoir un effet prépondérant. Il en est autrement pour d'autres dispositions expérimentales.

» Depuis cette époque, plusieurs observateurs ont attribué au rayon-

---

([1]) *Comptes rendus*, t. CXXX, p. 209 et 374.

([2]) *Id.*, t. CXXVIII, p. 773.

nement secondaire un rôle prépondérant dans la transmission du rayonnement des corps radio-actifs.

» M. Villard ([1]) admet, par analogie avec les rayons cathodiques, que tout écran frappé par le rayonnement du radium substitue à ce rayonnement incident un rayonnement qui lui serait propre, et serait toujours normal à la surface de l'écran.

» Suivant M. E. Dorn ([2]), les corps radio-actifs émettraient principalement des radiations non déviables, et les radiations déviables seraient des radiations transformées. M. Dorn m'a écrit récemment pour me proposer une explication des phénomènes rappelés au début de cette Note, en admettant la transformation des radiations incidentes.

» Les expériences suivantes, dont quelques-unes remontent au début de mes recherches, montrent que ces idées ne peuvent être accueillies sans réserve, bien que le rayonnement secondaire puisse, dans certains cas, devenir comparable et même plus intense que le rayonnement transmis.

» Tout d'abord je rappellerai que le rayonnement du polonium préparé par M. et Mme Curie n'est pas déviable et que, même en couvrant la matière par un écran d'aluminium, on ne réalise pas une transformation en rayons déviables dans les conditions, antérieurement décrites, de mes expériences. On n'observe pas non plus, sur la plaque photographique, d'effet dû à des rayons secondaires émis par l'aluminium sous l'influence de la radiation du polonium.

» Pour reconnaître si le rayonnement émis par une source radio-active traverse un écran, je me suis proposé d'étudier l'ombre portée par un objet opaque situé de l'autre côté de cet écran, et de rechercher si l'ombre pouvait être attribuée à des rayons issus soit de la source, soit de l'écran. Je distinguerai deux cas, celui où l'on opère dans un champ magnétique, et où l'ombre est produite par les rayons déviables dispersés, et le cas où l'on opère avec le rayonnement total non dispersé.

» 1° *Rayonnement déviable.* — Dans une expérience décrite antérieurement, j'avais reconnu que, si l'on dispose une plaque photographique horizontalement dans un champ magnétique, en posant sur celle-ci une petite cuve contenant la matière radio-active, l'ombre de divers objets, produite par les rayons ramenés sur la plaque est très sensiblement la même

---

([1]) *Société de Physique,* 2 mars 1900.

([2]) *Abhandl. der Naturforschenden Gesellschaft zu Halle,* Bd. XXII, p. 42, 20 janvier 1900.

lorsqu'on vient à couvrir la source par une gouttière cylindrique d'aluminium parallèle au champ. Sous la gouttière le rayonnement secondaire donne une impression intense; le bord de la gouttière projette lui-même une ombre, montrant que dans cette région les rayons les plus déviables, qui du reste pénètrent très obliquement, ont été arrêtés.

» M. Villard a très justement objecté à cette expérience que, si le rayonnement secondaire était normal au cylindre d'aluminium, tout se passerait comme si la source était l'axe du cylindre.

» L'expérience suivante ne prête pas à cette objection. On dispose normalement à la plaque photographique un écran plan en aluminium, de $0^{mm},1$ d'épaisseur, cet écran étant presque au contact de la cuve contenant la matière active. Si l'on établit contre l'écran, et en dehors, une bande verticale de plomb de très faible épaisseur, on reconnaît que cette bande ne donne pas d'ombre dans la partie la moins déviée de l'impression, mais les rayons les plus déviables projettent une ombre dans laquelle on peut distinguer un mélange de radiations issues de la source et de radiations plus faibles issues de l'écran et déviées par l'aimant. L'expérience est plus nette si l'on substitue à la mince bande de plomb une bande verticale de 1^{mm} d'épaisseur environ et de 5^{mm} de largeur, à 3^{mm} en avant de l'écran. En disposant de l'autre côté de la source une bande toute semblable, on peut, par un renversement du champ, obtenir sur la même épreuve deux ombres, l'une au travers de la lame verticale d'aluminium, l'autre sans l'interposition de cette lame; on reconnaît dans la première un mélange de radiations directes et de radiations soit secondaires, soit diffusées. Ces dernières impressionnent la plaque photographique non du côté où l'écran d'aluminium reçoit le rayonnement incident, mais de l'autre côté de l'écran dans le sens où est entraîné le rayonnement de la source. Cependant, au bord de la lame de plomb et du côté qui reçoit le rayonnement, on observe une augmentation notable de l'action photographique.

» Cet effet se manifeste sous la petite gouttière cylindrique en aluminium dans l'expérience citée plus haut, et il est considérablement plus fort si, à l'aluminium on substitue le plomb. Sous le demi-cylindre, soit en aluminium, soit en plomb, l'impression est plus forte du côté où le rayonnement de la source est rejeté sur la plaque, mais, en même temps, on observe une action sur l'autre côté de la face interne du cylindre. L'impression qui s'étend sur toute la partie couverte par le cylindre métallique se diffuse en tous sens sur les bords de cette région.

» Il résulte donc de ces observations qu'une partie au moins du rayon-

nement secondaire n'est pas dévié, comme l'est le rayonnement du radium; quant à l'autre partie qui se propage dans le sens du rayonnement incident, il n'est pas démontré que ce ne soit pas un effet de diffusion partielle.

» Dans ces diverses expériences, les écrans et les objets sont nécessairement très près de la source; j'ai eu recours à d'autres expériences en dehors du champ magnétique; on observe alors les effets sur les écrans du rayonnement total déviable et non déviable du radium. Cependant, comme les plaques photographiques sont alors enveloppées de papier noir, l'effet recueilli sur celles-ci n'est dû qu'à des rayons capables de traverser cette enveloppe.

» 2° *Rayonnement total.* — Les anciennes expériences que j'ai eu occasion de faire, soit d'abord avec l'uranium, soit plus tard avec les produits préparés par M. et Mme Curie, m'avaient donné, pour un court trajet des rayons dans l'air, des ombres géométriques permettant d'admettre une transmission directe au travers des corps. Je rappellerai en particulier une expérience qui montre que le rayonnement du radium ne se réfracte pas dans le verre; un mince faisceau issu d'une source linéaire donne une impression rectiligne sur une plaque photographique. Si l'on cherche à dévier une partie de cette nappe plane par un prisme dont l'arête soit parallèle à la source, on reconnaît que le rayonnement transmis fait une impression à la même place que le rayonnement direct. Il semble donc bien y avoir, dans ces conditions, un rayonnement transmis issu de la source.

» J'ai réalisé récemment les expériences suivantes :

» On dispose horizontalement une source radiante linéaire, puis au-dessus, parallèlement à la source, un fil de cuivre rectiligne, et enfin, au-dessus, une plaque photographique enveloppée de papier noir. On observe alors sur celle-ci l'ombre géométrique du fil. Si, par exemple, la plaque est à 1^{cm} au-dessus du fil et la source à 2^{cm} au-dessous, et si entre la source et le fil, à égale distance des deux, on interpose un écran d'aluminium de 1^{cm} d'épaisseur, incliné à 45°, l'ombre du fil sur la plaque est notablement plus diffuse. Mais si l'on approche l'écran au contact du fil, l'ombre de celui-ci sur la plaque photographique disparaît presque complètement au milieu d'une impression diffuse. Dans ce cas, la plus grande partie des rayons reçus sur la plaque est formée de rayons issus de l'écran. Le phénomène est très net pour des distances de la plaque au fil et du fil à la source égales à 2^{cm} environ. On peut même obtenir sur la même plaque, d'un côté l'ombre directe, et de l'autre l'effet dû à l'écran d'aluminium.

» Ces effets varient si la distance de l'écran à la source devient moindre. Si l'on place l'écran oblique au contact du fil à 1^{cm} au-dessus de la source, puis la plaque à 1^{cm} au-dessus du fil, on observe alors une légère trace de l'ombre au travers de l'écran de $0^{mm},1$ d'épaisseur. Cette trace est beaucoup plus forte au travers d'une lame d'aluminium plus mince, si la lame n'a que $0^{mm},01$ d'épaisseur, l'ombre est très forte; on l'observe également dans ces conditions au travers du papier noir et du verre placés au contact du fil.

» L'affaiblissement de l'ombre s'accentue si l'on éloigne l'écran de la source; mais, si l'on diminue l'inclinaison de l'écran, on réalise le même effet qu'en diminuant l'épaisseur. Une lamelle de verre de $0^{mm},15$ d'épaisseur, inclinée à 45°, placée à 1^{cm} au-dessus du fil et à $3^{cm},6$ de la source, donne une faible trace de l'ombre du fil, au milieu d'une impression diffuse.

» Ces apparences semblent confirmer le fait d'une absorption du rayonnement incident, augmentant avec la distance de l'écran à la source. Cela revient à dire que le rayonnement total est d'autant moins pénétrant qu'il a parcouru un chemin plus long dans l'air.

» *Considérations théoriques.* — On pourrait rendre compte d'une partie de ces phénomènes si l'on reconnaissait qu'en traversant les corps le rayonnement prend une vitesse moindre; l'effet se produirait alors dans l'air, mais les expériences n'ont révélé jusqu'ici aucun retard de cette nature. Si le rayonnement se ralentissait notablement dans l'air, les trajectoires dans un champ magnétique, au lieu d'avoir un rayon de courbure constant, auraient un rayon de courbure qui irait en diminuant à mesure que la vitesse diminuerait, ce qui paraît contraire à l'existence de trajectoires fermées.

» D'un autre côté, l'expérience que j'ai faite dans le vide avec des plaques enveloppées de papier noir ne nous apprend rien sur ce point, car soit la région du maximum d'impression, soit la limite de l'absorption du papier, correspondent à des rayons qui arrivent sur la plaque ou le papier avec des vitesses déterminées, et l'expérience ne nous apprend pas si ces vitesses étaient les mêmes au départ de la source.

» L'expérience suivante peut, au contraire, nous renseigner sur ce point fondamental. Dans un champ magnétique uniforme, on dispose sur une plaque photographique une source de très petit diamètre, puis au moyen de deux petites ouvertures pratiquées dans des écrans en plomb, on isole un faisceau sensiblement homogène décrivant, dans un plan normal au

champ, une trajectoire circulaire bien déterminée, et venant faire sur la plaque une impression limitée. Si l'on place immédiatement après la seconde ouverture un écran absorbant, et s'il arrive que le rayonnement se ralentisse en traversant cet écran, la trajectoire ne sera plus l'arc de cercle primitif, mais un arc de rayon moindre, et la trace de l'impression sera déplacée du côté de la source. On peut même obtenir sur la même plaque la trace de deux faisceaux dont l'un seulement a traversé l'écran absorbant.

» Cette expérience est assez difficile à réaliser, en raison de la faiblesse des impressions et de la longueur des temps de pose; j'ai même disposé une bande photographique de quelques millimètres de hauteur, placée verticalement contre l'écran, au-dessous de la seconde ouverture, pour recueillir l'effet d'un rayonnement très dévié, mais je n'ai observé aucun décalage entre les traces de deux rayons déviés dont l'un a traversé un écran d'aluminium très mince ou une feuille de papier noir. Il semble donc qu'en traversant ces écrans les rayons transmis gardent leur vitesse et leurs charges, ou tout au moins que le produit $\frac{m}{e}v$ varie peu. »

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la densité et l'analyse du perfluorure de soufre.* Note de MM. H. **Moissan** et P. **Lebeau**.

« Nous avons présenté, à la dernière séance de l'Académie, une Note sur la préparation et les propriétés du perfluorure de soufre. Nous indiquerons aujourd'hui comment nous avons établi la composition de ce nouveau gaz.

» Le fluorure de soufre que nous avons employé dans ces recherches avait été purifié par solidification à — 80°, puis, lorsque le corps solide avait repris l'état gazeux, on avait laissé dégager les premières portions de gaz qui renfermaient une trace d'azote. Ce traitement avait été répété trois fois, et le perfluorure ainsi obtenu ne renfermait plus d'azote. Il était entièrement absorbable par le sodium au rouge.

» *Densité.* — La densité de ce perfluorure de soufre a été déterminée au moyen de l'appareil de MM. H. Moissan et H. Gautier [1]. Cette manipulation est des plus faciles.

---

[1] H. Moissan et H. Gautier, *Nouvelle méthode pour la détermination de la densité des gaz* (*Annales de Chimie et de Physique*, 7e série, t. V, p. 56; 1895).

Nous avons pris grand soin, avant les pesées, de laisser le gaz se mettre en équilibre de température avec l'atmosphère du laboratoire. En opérant sur un gaz pur et sec, nous avons obtenu les chiffres suivants :

1.	2.	3.	4.	Théorie pour SF^6.
4,95	4,99	5,09	5,11	5,06

» La moyenne est de 5,03.

» Dans une série d'expériences préalables, nous avons obtenu des chiffres inférieurs à 5, lorsque le gaz contenait de l'azote ou un autre fluorure de soufre.

» *Dosage du fluor en poids.* — Cette analyse nous a présenté quelques difficultés, et nous n'avons pu la réaliser qu'en décomposant tout d'abord le perfluorure de soufre par la vapeur de sodium au rouge. Cette expérience se fait de la façon suivante :

» On prend une cloche courbe en verre de Bohême dont la grande branche possède une longueur supérieure à 76^{cm}. On emplit cet appareil de mercure, on le retourne sur la cuve, puis on fait passer, dans la partie supérieure, un volume déterminé de perfluorure de soufre, et enfin un fragment de sodium que l'on amène à l'extrémité de la branche courbe fermée. On chauffe ensuite le sodium de façon à le porter à l'ébullition.

» Lorsque la vapeur du métal alcalin est surchauffée, elle décompose, sous pression réduite, le fluorure de soufre, et l'on voit une flamme partir du sodium et parcourir une grande partie du tube. On continue à chauffer quelques minutes sans arriver cependant à une absorption complète du gaz. On coupe ensuite, sous le mercure, la partie inférieure de cette longue cloche courbe, de façon à la ramener à des dimensions qui permettent de la retourner sur le mercure pour recueillir et mesurer le gaz résiduel.

» Ce gaz est formé entièrement de perfluorure de soufre non décomposé.

» Le corps solide, qui résulte de l'action du sodium sur le fluorure de soufre, est un mélange contenant l'excès de métal, du sulfure et du fluorure de sodium.

» Cette substance, au contact de l'eau, fournit une dissolution de fluorure, de sulfure et d'alcali. Pour doser le fluor et le soufre dans ce liquide, nous avons précipité le soufre à l'état de sulfure d'argent en laissant la liqueur légèrement alcaline. L'oxyde d'argent se précipitant le dernier, il ne reste que très peu d'argent en solution et l'on enlève ce dernier par

quelques gouttes d'acide chlorhydrique. Après neutralisation par le carbonate de soude, le fluor est précipité au moyen du chlorure de calcium. Le précipité est lavé, puis calciné, enfin, repris par l'acide acétique. Le fluorure, recueilli sur un filtre, est calciné puis pesé.

» Nous avons obtenu ainsi les teneurs suivantes en fluor :

1.	2.	3.	Théorie pour SF^6.
78,40	78,62	79,10	78,08

» *Dosage du soufre en poids.* — Le mélange de sulfure d'argent et d'oxyde d'argent, précipité par la soude, nous permet de doser le soufre en poids. En effet, après filtration, le filtre et son contenu sont introduits dans une fiole conique, puis traités par l'acide nitrique fumant. Le sulfure est transformé en sulfate, et l'argent est ensuite éliminé à l'état de chlorure. On chasse enfin la plus grande partie de l'acide nitrique et le soufre est précipité à l'état de sulfate de baryum.

1.	2.	Théorie pour SF^6.
22,00	22,25	21,91

» *Dosage du fluor et du soufre en volumes.* — 1° Par l'action du soufre sur le perfluorure en présence du verre.

» Nous avons démontré, dans une Note précédente, que la vapeur de soufre surchauffée décomposait le gaz perfluorure de soufre en produisant un corps moins fluoré qui, à cette température, était détruit par les silicates du verre, avec formation de fluorure de silicium et d'acide sulfureux.

» Il est facile, d'une façon approchée, de déterminer dans un mélange de fluorure de silicium et d'acide sulfureux la proportion de chacun de ces deux gaz par l'addition d'une goutte d'eau ou d'un cristal de sulfate ferreux hydraté. Ce dernier composé absorbe, en une heure environ, le fluorure de silicium, sans dissoudre une quantité notable d'acide sulfureux.

» Nous nous sommes assurés, dans des essais préliminaires faits sur des mélanges connus de fluorure de silicium et d'anhydride sulfureux, que cette séparation fournissait des résultats assez satisfaisants. Nous publierons le détail de nos analyses dans le Mémoire qui paraîtra aux *Annales de Chimie et de Physique*.

» Nous donnerons simplement, comme exemple, les chiffres suivants obtenus dans une de ces analyses :

Fluor pour 100	78,82
Soufre pour 100	20,50

» La formule SF^6 exigerait théoriquement F : 78,08 et S : 21,91.

» De plus, cette décomposition du fluorure de soufre, par la chaleur, en présence de la vapeur de soufre et du verre conduisant à un équilibre final, dans lequel il n'existe plus que du fluorure de silicium et de l'acide sulfureux,

$$\underbrace{2SF^6}_{4\text{ vol.}} + 3SiO^2 + S = \underbrace{3SiF^4}_{6\text{ vol.}} + \underbrace{3SO^2}_{6\text{ vol.}}$$

il est facile de reconnaître si la contraction répond bien à la formule ci-dessus.

» En effet, d'après cette équation, 4 volumes de fluorure de soufre doivent donner après l'expérience 12 volumes de gaz.

» Dans trois analyses faites sur la cuve à mercure, nous avons trouvé les chiffres suivants :

	1.	2.	3.
Volume primitif	7,8	11,6	14,7
» après action du soufre	22,0	33,4	42,7
Augmentation de volume calculée	22,4	33,8	43,1

ce qui vérifie bien l'équation précédente.

» *Dosage du fluor en volume.* — 2° Par le sélénium.

» Nous avons vu précédemment que le sélénium en vapeur agissait ainsi que le soufre sur le perfluorure. Il se produit en présence du verre, du fluorure de sélénium, un fluorure de soufre, moins riche en fluor, de l'anhydride sélénieux et de l'anhydride sulfureux. Ces derniers composés prennent naissance en même temps, ce qui ne permet pas le dosage du soufre. Mais les fluorures de sélénium et de soufre attaquent tous les deux le verre au rouge; nous avons pu, d'après le volume de fluorure de silicium produit, déterminer le volume du fluor de notre perfluorure de soufre.

» Cette action du sélénium se produit lentement, sans incandescence, et, comme celle du soufre, elle n'est complète qu'après une chauffe très prolongée. Nous avons obtenu ainsi, pour le fluor, la proportion de 78,88 pour 100.

» *Analyse donnant le rapport du soufre au fluor.* — La méthode analytique qui consiste à décomposer le fluorure de soufre par la vapeur de sodium est très délicate, parce que le sodium se recouvre avec la plus grande facilité d'une petite couche d'hydrate, par un contact très court avec l'air atmosphérique. Si l'on chauffe alors ce sodium en partie oxydé en présence du perfluorure de soufre, en même temps que ce dernier est

partiellement décomposé, il se produit une petite quantité d'hydrogène. Il devient donc impossible de tenir compte du volume final, car la séparation du perfluorure de soufre et de l'hydrogène n'a pu être faite d'une manière exacte. Par addition d'oxygène dans l'eudiomètre, puis par détonation, une certaine partie du perfluorure est décomposée grâce à la grande quantité de chaleur produite par la réaction.

» Dans ces conditions, le dosage du fluor et du soufre en poids permet encore cependant d'établir le rapport de ces deux corps simples, et il nous a donné les chiffres suivants :

	1.	2.	Théorie.
Fluor............	78,60	77,70	78,08
Soufre...........	21,40	22,30	21,91

qui, comme les analyses précédentes, correspondent à la formule SF^6.

» *Conclusions.* — En résumé, par l'action d'un excès de fluor sur le soufre, on obtient un nouveau corps gazeux, le perfluorure de soufre de formule : SF^6. Ce gaz est un des plus lourds que nous connaissions, puisque sa densité est égale à 5,03.

» Sa composition établit d'une façon très nette l'hexatomicité du soufre. Comme composé fluoré, il correspond à l'anhydride sulfurique SO^3. Mais l'inertie de ses propriétés rend son étude très intéressante. Il est assez curieux de remarquer que deux corps aussi actifs que le fluor et le soufre fournissent en se saturant complètement un gaz inattaquable par la potasse fondue ou par le sodium à son point de fusion.

» Ce nouveau fluorure de soufre est totalement différent des chlorures de soufre que nous connaissons; il démontre, une fois de plus, qu'en chimie il est bon de se défier des analogies et que le fluor, tout en appartenant à la famille des halogènes, possède un caractère bien spécial qui lui permet parfois de fournir des combinaisons inattendues. »

PALÉONTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur les Fougères fossiles enracinées du terrain houiller*. Note de M. GRAND'EURY.

« Les racines de Fougères sont communes dans les forêts fossiles des bassins houillers du Plateau central, et l'on peut s'étonner qu'elles aient échappé à l'attention des observateurs qui ne les ont pas reconnues.

» A Saint-Étienne, les plus répandues sont les *Psaronius*, Cotta, aux-

quels les intermédiaires et la communauté de gisement rattachent les Pécoptéridées.

» *Fougères arborescentes.* — Le port général en a été décrit sous le nom de *Psaronius in loco natali*, Gr. Ces tiges debout sont entourées et presque entièrement formées à la base de racines innombrables, égales, rubanées, à structure lacuneuse, se rapportant en grande partie aux racines aquatiques de *Ps. giganteus*, Corda.

» Dans l'état le plus simple, les racines sont étalées à la base, formant un cône par lequel la tige repose en quelque façon sur la roche dans laquelle une partie de ses racines ont pénétré en divergeant. Au-dessus du cône des racines, on voit celles-ci descendre de très haut le long de la tige, et en dessous, lorsqu'on peut suivre cette tige au milieu des racines, on la voit s'amincir, puis se recourber et s'enfoncer obliquement dans le sol inférieur, rappelant la tige couchée des Fougères en arbres dans le premier stade de développement. Il n'y a pas de doute que les racines n'aient poussé libres dans l'eau, car les plus extérieures sont enchevêtrées, elles sont souvent déjetées par côté, et les tiges avec leurs racines penchent parfois, et sont même renversées dès la base du même côté. Les *Psaronius* se sont ainsi développés, le pied dans l'eau, hors du sol de fond auquel ils tenaient par quelques racines et un faux rhizome.

» Or, leurs racines sont assez souvent étalées à plusieurs niveaux, formant autant de cônes superposés. Dans ce cas, de chacun des cônes se détachent en dessous quelques racines qui, s'enfonçant dans la roche sous-jacente, fixent la tige aux bancs de rocher qu'elle traverse normalement. Par tous ces liens, la croissance des *Psaronius* en place se montre contemporaine du dépôt des roches. Adaptés comme les *Arthropitus* aux eaux courantes, ils s'accommodaient pendant la vie de la surélévation du sol en produisant de nouvelles racines libres après le recouvrement des anciennes.

» Lorsque les tiges s'élèvent assez haut, on les voit, se dépouillant peu à peu de leurs racines, passer insensiblement aux *Ptychopteris;* quelques-unes sont ornées à la partie supérieure de cicatrices de *Caulopteris*, ou de *Protopteris*, et cela parfois si près de la base, que celle-ci devait croître dans des eaux peu profondes, comme l'indique d'ailleurs la forme lenticulaire des grès et schistes mélangés entre les tiges dressées de Fougères arborescentes fossiles.

» Les *Psaronius* enracinés sont variés : il y en a de très petits à côté de tiges de 4^m à 5^m de hauteur avec des racines étalées à la base sur un cercle

de $2^m,50$ de diamètre. Tantôt les racines cheminent ligneuses entre l'écorce et le bois jusqu'à la base des tiges, tantôt les tiges sont enveloppées de racines sur toute la hauteur. Celles-ci réduites à l'épiderme, sont, ou grêles de $0^m,005$, ou épaisses de $0^m,02$ à $0^m,03$. Elles paraissent généralement simples. Rarement on les voit nettement croisées par des racines secondaires bien marquées.

» *Touffes de Fougères herbacées.* — Dans les sols de végétation fossile, on trouve non moins fréquemment des groupes ou faisceaux de racines sans tiges, symétriquement disposées autour d'un axe normal à la stratification, plus ou moins inclinées, convergeant en haut, inégales, ramifiées et complètes jusqu'aux radicelles, qui ont incontestablement poussé sur place, car ces racines étant souvent fort longues traversent quelquefois des bancs de grès et de schiste alternants.

» Elles sont d'ordinaire arasées en haut, et, vides et réduites à leur épiderme, elles sont remplies de limon. Elles se rejoignent rarement en haut sur le sol de végétation, et dans ce cas il m'a bien semblé, sans que je puisse toutefois l'affirmer, qu'elles étaient entremêlées de gros pétioles de Fougères renversés sur place.

» S'il en était réellement ainsi, aux faisceaux de racines dont il s'agit auraient correspondu autant de bouquets isolés de Fougères herbacées subaquatiques, dont la destruction et l'enlèvement par les eaux ne nous auraient laissé que les racines souterraines.

» *Aulacopteris enracinés.* — Le groupe des Névroptéridées comprend des Fougères non fructifères que, à raison de la structure de leurs stipes, des paléobotanistes placent près des Cycadées. Ce sont plutôt, je crois, de grandes Fougères sociales dont la propagation paraît avoir été assurée par des espèces de tiges rampantes rappelant les *Aulacopteris,* à allure indécise, accrochées au sol par des racines en place. Aux mêmes endroits on trouve des systèmes de fortes racines inclinées striées très complexes, que j'ai cru surprendre sortant de bulbes caulinaires d'*Aulacopteris*. Mais ces rhizomes et ces racines me sont encore peu connues.

» Ce qu'il y a de certain, c'est que, avec les *Aulacopteris* transportés et couchés à plat dans les schistes, sont d'ordinaire mélangées confusément de très nombreuses fibrilles radicellaires; celles-ci tirant leur origine de fines pousses latérales des stipes, divisées à l'infini (1). Étant emmêlées, ces

(1) L'*Hydatica prostrata* d'Artis est vraisemblablement un *Aulacoptoris* pourvu de radicelles filiformes.

racines chevelues se sont sans doute développées librement, avec les stipes, dans un milieu aquatique ou tout au moins très humide.

» *Rhizomopteris*, Sch. — Les Fougères vivantes étant des plantes rhizomateuses, il semble que l'on devrait trouver beaucoup de rhizomes de Fougères dans le terrain houiller. Il n'en est rien, ou plutôt on ne rencontre que des vestiges indéterminables de rhizomes en rapport avec des racines analogues à celles des Fougères, assez fortes, inégales, peu ramifiées, complètes jusqu'aux radicelles, vides et réduites à un épiderme mi-aplati et chiffonné. Ces racines, perpendiculaires au sol et rangées en ligne comme celles des *Stigmaria*, révèlent l'existence de rhizomes détruits, qui ont dû ramper au fond de l'eau comme ceux des *Nymphea*, car s'ils eussent couru dans la vase comme les *Stigmaria*, on les retrouverait certainement aussi dans les anciens sols de végétation.

» Cette circonstance de rhizomes rampants découverts était très défavorable à leur conservation, et il est à craindre que la découverte de ceux des Fougères ne se fasse attendre encore longtemps. »

PATHOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *De l'immunité contre le charbon symptomatique après l'injection du sérum préventif et du virus naturel isolés ou mélangés;* par M. S. Arloing.

« Dans une précédente Communication (*Comptes rendus* du 26 février 1900), j'ai montré que le sérum sanguin d'un bovidé fortement immunisé contre le charbon symptomatique était capable de conférer une immunité passive aux moutons qui le reçoivent par la voie sous-cutanée ou la voie sanguine, permettant à ces derniers de tolérer une dose mortelle de virus frais. Je disais dans la même Note que ce sérum mélangé *in vitro* au virus frais semblait le neutraliser, attendu qu'une dose de virus cinq fois plus forte que la dose mortelle peut être supportée sans le moindre inconvénient par le mouton pourvu qu'elle ait été associée préalablement à une quantité de sérum double de son volume.

» II. L'état résistant créé par l'injection du sérum est éphémère. Kitt en a limité la durée à huit jours. Dans mes expériences, il a disparu plus tôt : présent au quatrième jour après l'injection, il avait entièrement disparu au huitième jour. Mais cette séro-immunité éphémère est transformée en une immunité active beaucoup plus durable lorsque les moutons imprégnés de sérum ont supporté, en outre, une dose mortelle de virus frais.

» Ainsi, en injectant d'abord à des moutons 8^{cc} à 10^{cc} de sérum sous le derme ou 1^{cc} dans la jugulaire; puis, quatre ou cinq jours plus tard, $\frac{1}{10}$ de centimètre cube de virus frais type dans les muscles, on donne aux sujets une immunité active très solide.

» Effectivement, qu'on laisse écouler douze à quinze jours, temps plus que suffisant pour amener la disparition complète de la séro-immunité, et qu'on inocule une nouvelle dose de virus frais dans la masse musculaire d'une autre cuisse, tous les moutons survivront à cette seconde épreuve, tandis qu'un mouton témoin recevant la même quantité de virus frais sera emporté en trente heures environ.

» J'ajouterai cependant que les moutons vaccinés peuvent boiter, présenter un œdème léger de la région tibio-tarsienne et parfois même un abcès qui évolue lentement et s'ouvre spontanément; mais ces animaux ne perdent jamais la gaieté et l'appétit.

» III. Peut-on créer également l'immunité active par l'injection d'un mélange de sérum et de virus actif, injection admirablement supportée par les animaux? Il était impossible de préjuger cette question, tranchée déjà tantôt dans un sens, tantôt dans un autre, pour d'autres maladies virulentes. Résolue affirmativement par Leclainche, pour le rouget du porc, par Lœffler, pour la fièvre aphteuse, elle a été, au contraire, résolue négativement par Babès, pour la rage; par Nocard et Roux, pour la péripneumonie contagieuse des bovidés.

» En ce qui regarde le charbon symptomatique, la solution se place entre les deux précédentes.

» J'ai institué deux expériences comprenant chacune cinq sujets soumis au sérum-virus et deux témoins. Dans chaque expérience, les cinq premiers sujets ont reçu du sérum-virus dans la profondeur des muscles d'une cuisse. Toutefois, on a fait varier pour chaque animal la proportion de sérum, alors que la dose de virus actif est restée la même pour tous. Ainsi, le n° 1 a reçu $0^{cc},1$ de virus mélangé à 2^{cc} de sérum; le n° 2, $0^{cc},1$ de virus mélangé à 1^{cc} de sérum; le n° 3, $0^{cc},1$ de virus associé à $0^{cc},5$ de sérum; le n° 4, $0^{cc},1$ de virus mélangé à $0^{cc},35$ de sérum; le n° 5, $0^{cc},1$ de virus mélangé à $0^{cc},25$ de sérum immunisant. Douze jours plus tard, sur ces moutons et sur deux témoins, on injecta $0^{cc},1$ de virus actif dans les masses musculaires de l'autre cuisse. Les témoins succombèrent très rapidement, cela va sans dire. Quant aux dix sujets imprégnés préalablement de sérum-virus, neuf périrent du charbon, un seul survécut.

» Mais je m'empresserai de faire observer que les victimes de cette

catégorie résistèrent davantage que les témoins. Ainsi, tandis que ceux-ci moururent en l'espace de trente à quarante heures, ceux-là survécurent trois, quatre, cinq jours à l'inoculation d'épreuve.

» Il m'avait semblé, dans une expérience, que la survie, chez les moutons soumis au sérum-virus, était en raison inverse de la dose de sérum introduite dans le mélange. Cette particularité ne s'est pas maintenue ultérieurement, le seul sujet qui ait échappé à la mort avait reçu la dose maxima de sérum, de sorte qu'il doit probablement son salut à un état résistant naturel.

» J'ajouterai que les conditions les plus favorables à la production de l'immunité active par le sérum-virus se rencontraient dans mes expériences, car l'inoculation a toujours été faite immédiatement ou très peu de temps après le mélange des deux produits. Cependant, on le voit, le sérum-virus s'est borné à augmenter très faiblement la résistance de mes animaux.

» IV. L'insuffisance du sérum-virus à produire l'immunité contre le charbon symptomatique est de nature à éveiller particulièrement l'attention. Pourquoi cette espèce d'anomalie? Les microbes inoculés seraient-ils tués par le sérum ou seraient-ils détruits par une phagocytose active provoquée par le sérum immunisant? Ils ne sont pas tués, car si l'on inocule au cobaye des bacilles qui ont subi longtemps le contact du sérum et ont été débarrassés de celui-ci par plusieurs lavages à l'eau salée, le cobaye succombe au charbon. Et maintenant, tout en admettant l'existence de la phagocytose, il est permis de se demander si elle serait capable d'empêcher le développement de l'immunité. Effectivement, à la suite de l'immunité créée par l'inoculation de très petites doses de virus naturel, sans apparition d'accident local concomitant, on conçoit que l'exercice de la phagocytose n'est pas inconciliable avec la vaccination.

» Je serai plus disposé à appeler à mon aide un fait signalé dernièrement par Leclainche et Vallée. Ces expérimentateurs ont observé que le bacille du charbon symptomatique est inoffensif s'il est inoculé après avoir été débarrassé des toxines qui l'accompagnent. Or, étant donnée la propriété antitoxique du sérum immunisant, on peut se demander si la neutralisation des toxines par le sérum dans un mélange de sérum et de virus frais n'équivaudrait pas à la suppression des toxines. Si la réponse était affirmative, on concevrait que les inoculations de sérum-virus ne produisissent pas d'immunité.

» Mais je me suis fait à moi-même plusieurs objections qui m'empêchent

d'accepter d'emblée cette interprétation. En effet, l'action du sérum-virus n'est jamais nulle ; elle augmente toujours plus ou moins la résistance naturelle du mouton et même notablement celle du bœuf; de plus, ce résultat est indépendant du titre du mélange ; enfin, dans mes expériences où j'ai fait usage de virus naturel et non de cultures, les microbes débarrassés des toxines n'ont pas perdu toute leur virulence. L'explication rationnelle de l'anomalie qui se dresse devant nous reste donc à trouver.

» V. Pour le moment, je tirerai les conclusions suivantes des faits exposés dans cette Note :

» Il est facile de procurer au mouton, sans danger, une immunité active solide par l'injection isolée et successive de doses convenables de sérum et de virus actif. Mais on ne peut compter sur un résultat analogue par l'injection de sérum-virus, même en faisant varier dans ce mélange les quantités de sérum et de virus. »

NOMINATIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à la nomination d'un Correspondant pour la Section de Physique, conformément au décret du 24 juin 1899.

Au premier tour de scrutin, le nombre des votants étant 38,

M. Michelson obtient.	35	suffrages
M. Righi »	2	»
M. Thalen »	1	»

M. **Michelson**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est élu Correspondant pour la Section de Physique.

MÉMOIRES PRÉSENTÉS.

M. **E. Deburaux** soumet au jugement de l'Académie un Mémoire intitulé : « Compte rendu d'expériences aérostatiques ».

(Renvoi à la Commission des aérostats.)

M. **Antoine Cros** soumet au jugement de l'Académie « une théorie de la gravitation ».

(Renvoi à la Section de Physique.)

M. **Jean-Léo Lefort** adresse un Mémoire sur la Géographie physique de la Lune.

(Renvoi à la Section d'Astronomie.)

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** donne lecture d'un télégramme adressé par M. *Roiti* pour présenter les profonds regrets de la Faculté des Sciences de Florence au sujet de la perte douloureuse que l'Académie vient d'éprouver.

M. **Van der Waals**, élu Correspondant pour la Section de Physique, adresse ses remercîments à l'Académie.

M. le **Ministre des Affaires étrangères** transmet à l'Académie deux Communications du Consul général de France à New-York au sujet des travaux poursuivis par M. *Raoul Pictet* pour la production économique de l'oxygène liquide ou gazeux.

Ces Communications sont renvoyées à l'examen de la Section de Physique.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Observations du Soleil, faites à l'observatoire de Lyon (équatorial Brunner de* $0^m,16$*) pendant le quatrième trimestre de* 1899, *et résumé annuel pour* 1899. Note de M. **J. Guillaume**, présentée par M. Mascart.

« Ces observations sont résumées dans les Tableaux suivants :

» Le premier donne, à droite de l'indication du mois, le nombre proportionnel des jours sans taches; les colonnes successives renferment les dates extrêmes d'observation, le nombre d'observations de chaque groupe, le moment du passage au méridien central du disque solaire (en jour et en fraction de jour, temps civil de Paris), les latitudes moyennes, les surfaces moyennes des groupes de taches, exprimées en millionièmes de l'aire d'un hémisphère et réduites au centre du disque; à la fin de chaque mois on a indiqué le nombre de jours d'observation et la latitude moyenne de l'ensemble des groupes observés dans chaque hémisphère.

TABLEAU I. — *Taches.*

Dates extrêmes d'observ.	Nombre d'observations.	Pass au mér. central.	Latitudes moyennes S.	Latitudes moyennes N.	Surfaces moyennes réduites.
		Octobre 1899. — 0,39			
9-11	2	14,0		+14	12
13	1	16,8		+ 2	2
20	1	22,7		+22	1
19-21	3	25,0		+ 3	42
26-29	4	26,0	—10		6
23-29	7	28,7	—10		153
27-29	3	31,6	—10		18
	18 j.		—10°,0	+10°,3	
		Novembre 1899. — 0,46			
14	1	12,9		+ 8	3
13-18	3	16,2		+ 8	28
11-18	7	17,5	— 6		59
	13 j.		— 6°,0	+ 8°,0	
		Décembre 1899. — 0,19			
3- 4	2	3,2	—13		4
6	1	3,9	— 3		2
4- 9	5	9,2	—12		43
12	1	12,7		+ 5	2
11-20	5	17,1		+ 7	65
13	1	18,7	—11		98
19	1	19,4	—12		3
19-20	2	20,4	—12		2
29-30	2	28,1	—10		24
	16 j.		—10°,4	+ 6°,0	

TABLEAU II. — *Distribution des taches en latitude.*

1899.	Sud. 90°–40°.	40°–30°.	30°–20°.	20°–10°.	10°–0°.	Somme.	Nord. Somme.	0°–10°.	10°–20°.	20°–30°.	30°–40°.	40°–90°.	Totaux mensuels.	Surfaces moyennes réduites.
Octobre ...	»	»	»	»	3	3	4	2	1	1	»	»	7	234
Novembre..	»	»	»	»	1	1	2	2	»	»	»	»	3	90
Décembre..	»	»	»	5	2	7	3	2	»	»	»	»	9	243
Totaux ..	»	»	»	5	6	11	8	6	1	1	»	»	19	567

TABLEAU III. — *Distribution des facules en latitude.*

1899.	Sud. 90°–40°.	40°–30°.	30°–20°.	20°–10°.	10°–0°.	Somme.	Nord. Somme.	0°–10°.	10°–20°.	20°–30°.	30°–40°.	40°–90°.	Totaux mensuels.	Surfaces moyennes réduites.
Octobre....	»	1	1	4	2	8	12	2	1	»	1	7	20	6,1
Novembre..	»	»	»	2	2	4	6	2	»	»	1	3	10	5,0
Décembre..	5	1	»	6	5	17	8	3	1	»	»	4	25	12,9
Totaux...	5	2	1	12	9	29	26	8	2	»	2	14	55	24,0

» Le deuxième Tableau donne les nombres mensuels de groupes de taches contenus dans des zones consécutives de 10° de largeur et les surfaces mensuelles des taches (en millionièmes de l'hémisphère).

» Le troisième, enfin, renferme des données analogues pour les régions d'activité du Soleil, c'est-à-dire pour les groupes de facules contenant ou non des taches; dans ce dernier Tableau, les surfaces mensuelles des facules, toujours réduites au centre du disque, sont exprimées en millièmes de l'hémisphère.

» Les principaux faits qui en résultent sont les suivants :

» Il y a eu dans ce trimestre 47 jours d'observation.

» *Taches*. — On a noté 19 groupes de taches avec une surface totale de 567 millioniémes, nombres très peu supérieurs à ceux du trimestre précédent, où l'on a eu 16 groupes et 499 millioniémes; la répartition de cette augmentation entre les deux hémisphères est de 1 groupe au sud et 2 au nord.

» D'autre part, le nombre des jours sans taches est de 16 (7 en octobre, 6 en novembre, 3 en décembre), inférieur de plus de moitié à celui noté précédemment, qui était de 35.

» *Régions d'activité*. — Malgré une augmentation notable du nombre des groupes de facules (13), la surface totale de ces phénomènes est moindre; on a, effectivement, 55 groupes avec 24,0 millièmes, au lieu de 42 groupes et 29,0 millièmes notés dans le troisième trimestre.

» Comme les taches, les facules ont augmenté au nord de l'équateur; néanmoins la fréquence des phénomènes est plus forte dans l'hémisphère austral que dans l'autre.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur certaines équations de Monge-Ampère.* Note de M. **J. Clairin**, présentée par M. Darboux.

« Je me suis proposé d'indiquer un exemple de transformations de Bäcklund établissant une correspondance uniforme entre les intégrales des équations transformées, et de montrer que ces transformations permettent de réduire certaines équations intégrables par la méthode de M. Darboux à des équations intégrables par la méthode de Monge.

» L'équation de Monge-Ampère (e) $r + ms + M = 0$ dérive de la transformation

$$(\mathrm{I})\quad \begin{cases} x' = \varphi(x, y, z, p, q), \qquad y' = y, \\ z' = \varpi(x, y, z, p, q), \qquad p' = \dfrac{m\dfrac{\partial\varpi}{\partial p} - \dfrac{\partial\varpi}{\partial q}}{m\dfrac{\partial\varphi}{\partial p} - \dfrac{\partial\varphi}{\partial q}} = \psi(x, y, z, p, q), \end{cases}$$

si φ et ϖ sont deux intégrales de l'équation

$$(\alpha)\qquad \frac{\partial f}{\partial x}+p\frac{\partial f}{\partial z}-(\mathrm{M}+\lambda m)\frac{\partial f}{\partial p}+\lambda\frac{\partial f}{\partial q}=0,$$

λ étant une fonction arbitraire de x, y, z, p, q.

» Comme je l'ai montré dernièrement [1], $z'(x', y')$ satisfera à une équation aux dérivées partielles du second ordre (e') si à un élément (x', y', z', p', q') correspondent ∞ éléments unis (x, y, z, p, q). Il suffit pour cela que ψ satisfasse à l'équation (α), c'est-à-dire que φ et ϖ soient deux intégrales du système complet

$$\begin{aligned}\frac{\partial f}{\partial x}+p\frac{\partial f}{\partial z}-(\mathrm{M}+\lambda m)\frac{\partial f}{\partial p}+\lambda\frac{\partial f}{\partial q}&=0,\\ \frac{\partial f}{\partial z}-(\xi+m\mathrm{H})\frac{\partial f}{\partial p}+\mathrm{H}\frac{\partial f}{\partial q}&=0,\end{aligned}$$

où ξ, λ, H, vérifient les équations suivantes

$$m\xi=\frac{\partial m}{\partial x}+p\frac{\partial m}{\partial z}-\mathrm{M}\frac{\partial m}{\partial p}+m\frac{\partial \mathrm{M}}{\partial p}-\frac{\partial \mathrm{M}}{\partial q},$$

$$\lambda\left(\frac{\partial m}{\partial z}-\xi\frac{\partial m}{\partial p}+m\frac{\partial \xi}{\partial p}-\frac{\partial \xi}{\partial q}\right)=\frac{\partial \xi}{\partial x}+p\frac{\partial \xi}{\partial z}-\mathrm{M}\frac{\partial \xi}{\partial p}-\xi^2+\frac{\partial \xi}{\partial x}+\xi\frac{\partial \mathrm{M}}{\partial p},$$

$$\frac{\partial \mathrm{H}}{\partial x}+p\frac{\partial \mathrm{H}}{\partial z}-(\mathrm{M}+\lambda m)\frac{\partial \mathrm{H}}{\partial p}+\lambda\frac{\partial \mathrm{H}}{\partial q}-\mathrm{H}\frac{\partial \lambda}{\partial q}-(\xi+m\mathrm{H})\left(\mathrm{H}-\frac{\partial \lambda}{\partial p}\right)-\frac{\partial \lambda}{\partial z}=0.$$

Il est facile de trouver la forme de l'équation (e') en remarquant que le système (I) peut s'écrire

$$(\mathrm{I}')\qquad x=g(x', y', z', p', z),\qquad y=y',\qquad p=\frac{1}{\frac{\partial g}{\partial z}},\qquad q=k(x', y', z', p', z),$$

g et k étant des fonctions convenablement choisies : (e') ne contient pas t et est linéaire en s' et q'.

» Inversement, étant donnée une équation

$$(e')\qquad s'+q'\,\mathrm{G}(x', y', z', p', r')+\mathrm{K}(x', y', z', p', r')=0,$$

il lui correspond une équation (e). Les fonctions g et k qui définissent la

---

[1] *Comptes rendus*, 5 février 1900.

transformation (I′) sont déterminées par les deux équations

$$\frac{\partial g}{\partial z'} = \frac{\partial g}{\partial p'} \mathrm{G}\left(x', y', z', p', -\frac{\dfrac{\partial g}{\partial x'} + p'\dfrac{\partial g}{\partial z'}}{\dfrac{\partial g}{\partial p'}} \right),$$

$$\frac{\partial g}{\partial y'} + k\frac{\partial g}{\partial z} = \frac{\partial g}{\partial p'} \mathrm{K}\left(x', y', z', p', -\frac{\dfrac{\partial g}{\partial x'} + p'\dfrac{\partial g}{\partial z'}}{\dfrac{\partial g}{\partial p'}} \right).$$

» L'un des systèmes de caractéristiques de l'équation (e) admet toujours l'invariant du premier ordre $y = \text{const.}$; si le même système admet en outre un invariant du second ordre, l'équation (e) possède une intégrale intermédiaire du second ordre d'une fonction arbitraire, à laquelle correspond pour (e') une intégrale intermédiaire du premier ordre dépendant également d'une fonction arbitraire. Dans ce cas (e') sera donc linéaire en r', s', et intégrable par la méthode de Monge.

« Il est aisé de déduire de là un procédé qui permet d'obtenir, à une transformation de contact près, toutes les équations de Monge-Ampère admettant pour l'un de leurs systèmes de caractéristiques un invariant du premier ordre et un invariant du second ordre : si η désigne une fonction quelconque de x, y, z, z', la transformation de Bäcklund

$$z' = p, \qquad g' + p'\frac{\partial \eta}{\partial z'} + \frac{\partial \eta}{\partial x} + z'\frac{\partial \eta}{\partial z} = 0,$$

conduit pour z à une équation intégrable par la méthode de Monge, et pour z' à une équation jouissant de la propriété énoncée. »

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la représentation générale des fonctions analytiques quelconques.* Note de M. **Desaints**, présentée par M. Poincaré.

« ... La voie que j'ai suivie tout d'abord découlait d'une généralisation de la méthode de Laguerre (cours de M. Hermite), dont j'ai fait une application aux débuts de mes recherches sur les fonctions non uniformes dans une proposition incidente d'une Note aux *Comptes rendus* (11 mars 1895) et dans ma Thèse; cette méthode a été depuis reprise par M. Leroy (*Comptes rendus,* 1898). J'ai dû ensuite abandonner cette voie, faute de généralité, facile à prévoir, dans les résultats qu'elle permet.

» ... Voici une nouvelle méthode et de nouveaux théorèmes susceptibles d'expliquer et de généraliser les résultats obtenus par Laguerre, par MM. Leroy et Borel, dans la représentation analytique des fonctions et dans la sommation des séries divergentes :

» Considérons une série $\omega(z) = \Sigma_n(z)$.

» Écrivons d'une certaine manière $\omega_n(z) = P_n Q_n \ldots S_n$.

» Posons

$$P_n = \int_C \Phi_1(u)\, \varphi_n^{(1)}(u, z)\, du \ldots S_n = \int_L \Phi_k(w)\, \varphi_n^{(k)}(u, z)\, dw,$$

où $\varphi_n^{(1)}(u, z) \ldots \varphi_n^{(k)}(w, z)$ sont des fonctions qui possèdent un pôle simple unique, indépendant de z, situé, quel que soit n, à l'intérieur de C, ..., L où $\Phi_1(u) \ldots \Phi_k(w)$ sont respectivement holomorphes. Dans ces conditions la série $\omega(z)$ s'écrit

$$\sum P_n Q_n \ldots S_n = \int_C du \int_D dv \ldots \int \Phi_1 \Phi_2 \ldots \Phi_k \theta(u, v, \ldots, w, z)\, dw,$$

où $\theta(u, v, \ldots, w, z)$ représente la série

$$\theta(u, v, \ldots, w, z) = \Sigma \varphi_n^{(1)}(u, z)\, \varphi_n^{(2)}(v, z) \ldots \varphi_n^{(k)}(w, z).$$

» Nous désignerons par (Φ, θ) l'opération qui transforme la série $\Sigma\omega_n(z)$ en l'intégrale multiple de la formule (1). Après m opérations semblables, on arrivera à l'intégrale multiple définie, résumée par le symbole $(\Phi_m \theta_m)$. La fonction θ_m, que nous désignerons simplement par θ, donne lieu au théorème suivant :

» *Si les séries $\theta_{i, i', \ldots}(u, v, \ldots, w, y, z)$ admettent une représentation, valable pour toutes les valeurs de z, dans les divers cas : 1° quand u varie sur C_1 (portion de C), v sur D_1 (portion de D), ...; 2° quand u varie sur C_2 (portion de C), v sur D_2 (portion de D); enfin quand u prend ses portions sur C_i, v sur $D_{i'}$, ..., où i, i', ... sont des nombres entiers finis, les ensembles $(C_1 C_2 \ldots C_i)$, $(D_1 D_2 \ldots D_{i'} \ldots)$, ..., recouvrant respectivement les contours C, D, ..., on aura de la fonction donnée $F(z)$ une représentation valable pour toutes valeurs de z, par la formule*

$$F(z) = \sum_{i=1, i'=1}^{i, i', \ldots} \int_{C_i} du \int_{D_{i'}} dv \ldots \int \Phi_1 \Phi_2 \ldots \Phi_k \theta_{i, i', \ldots}(u, v, \ldots, w, y, z)\, dy.$$

» Comme première application, supposons que l'on ait

$$\omega_n(z) = A_n(z - z_0)^n,$$

c'est-à-dire que la fonction soit donnée par une série de Taylor à l'intérieur de son cercle de convergence; désignons par r une quantité égale au rayon de convergence de la série ou tout au moins aussi rapprochée que l'on veut de ce rayon, de telle sorte que la série de terme général $A_n r^n$ soit convergente.

» Nous écrirons alors

$$\omega_n(z) = A_n r^n \left(\frac{z - z_0}{r}\right)^n.$$

» Posons dans ce cas

$$P_n = A_n r^n, \qquad Q_n = \left(\frac{z - z_0}{r}\right)^n, \qquad P_n = \int_C \psi(u)\, \varphi_n(u, z)\, du.$$

» On peut écrire, d'après ces identités,

$$\sum A_n (z - a)^n = \frac{1}{2\pi i}\int_C \psi(u)\, \theta(u, z)\, du, \qquad a_n = a_0 + n\omega,$$

$$\psi(u) = \sum \frac{A_n r^n \sin \frac{2\pi}{\omega}(u - a_0)}{\frac{2\pi}{\omega}(u - a_n)}, \qquad \theta(u, z) = \sum \frac{\left(\frac{z - z_0}{r}\right)^n}{u - a_n}.$$

où a_0 et ω désignent des constantes réelles positives et C un contour entourant l'axe des quantités réelles et positives.

» La fonction $\theta(u, z)$ s'écrit respectivement dans le demi-plan supérieur et dans le demi-plan inférieur

$$\theta(u, z) = -i \int_0^1 \frac{y^{-i(u-a_0)-1}\, dy}{1 - \left(\frac{z - z_0}{r}\right) y^{i\omega}}, \qquad \theta(u, z) = i \int_0^1 \frac{y^{i(u-a_0)-1}\, dy}{1 - \left(\frac{z - z_0}{r}\right) y^{-i\omega}},$$

» Le théorème de Schwartz fait voir que ces deux expressions sont prolongeables analytiquement au delà de leurs coupures. On en déduit cette proposition :

» *Une fonction analytique* $F(z)$ *est représentée, pour toutes valeurs de* z, *par l'intégrale*

$$F(z) = \int_0^1 \frac{(z - z_0) L(y) + J(y)}{\left(\frac{z - z_0}{r}\right)^2 - 2\left(\frac{z - z_0}{r}\right) \cos \omega L y + 1}\, dy.$$

» La méthode employée s'étend aux fonctions de plusieurs variables.

» *Soit une fonction* $F(z, z', \ldots)$ *des variables indépendantes* $z, z', \ldots$ *donnée par la série*

$$\Sigma A(n, p, \ldots)(z - z_0)^n : (z' - z'_0)^p \ldots,$$

valable à l'intérieur de cercles de rayons R, R′, ... *sur les plans des variables respectives* z, z'.

» *La fonction* $F(z, z', \ldots)$ *est donnée pour toutes valeurs des variables par l'intégrale multiple*

$$F(z, z', \ldots) = \int_0^1 \cdots \int_0^1 \frac{B_k(z, z', \ldots, y_1, y_2, y_k)\, dy_1, dy_2, \ldots, dy_k}{\prod \left[\left(\frac{z-z_0}{r}\right)^2 - 2\left(\frac{z-z_0}{r}\right)\cos\omega L y_1 + 1\right]},$$

où B_k *est un polynome suivant les* k *variables* z, z', ... *de degré* k, *le produit* $\prod$ *étant relatif à ces diverses variables.*

» Ces résultats s'étendent aux fonctions analytiques non uniformes d'une variable.

» Soit $F(z)$ une de ces fonctions; sur le $k^{\text{ième}}$ des feuillets qui lui correspondent, on a

$$F_k(z) = \int_0^1 f_k(z, y)\, dy,$$

où $f_k(z, y)$ est une fonction uniforme de z. De plus, en remontant à l'origine de $f_k(z, y)$ on peut voir que c'est *la* $k^{\text{ième}}$ *forme suivant la variable réelle* y, d'une fonction non uniforme de y, que nous désignerons simplement par $f(z, y)$. Ainsi

$$F(z) = \int_0^1 f(z, y)\, dy,$$

où $f(z, y)$ sépare successivement les opérations dont l'ensemble donne la *représentation analytique uniforme de* $F(z)$. J'ai appelé pour cette raison, *une telle fonction de variable réelle, clef d'uniformisation.*

» Ces résultats sont développés dans un Mémoire qui doit paraître prochainement. »

PHYSIQUE. — *Nouveaux modes d'entretien des diapasons.*
Note de MM. A. et V. Guillet, présentée par M. Lippmann.

« L'entretien du mouvement des corps oscillants peut être réalisé de plusieurs manières. Au cours de son étude optique des mouvements vibratoires, Lissajous a établi le premier diapason entretenu électriquement [1].

---

(1) *Comptes rendus*, 1857.

Plus tard, dans la construction d'un phonoptomètre (¹), il a supprimé l'interrupteur auxiliaire dont il avait d'abord fait usage : un fil métallique fixé à l'une des branches d'un diapason, vibrant dans un plan vertical, ouvre et ferme périodiquement le circuit d'un électro-aimant par l'intermédiaire du mercure que contient un godet placé au-dessous de lui.

» Enfin M. Mercadier a rendu possible l'entretien de la vibration d'un diapason dans un plan quelconque, en substituant au mercure un contact sec constitué par un plan conducteur contre lequel vient périodiquement buter le fil contact.

» Sur le conseil de M. Lippmann, nous avons cherché d'autres mécanismes d'entretien.

» Le procédé d'entretien appliqué par A. Guillet (²) au pendule de M. Lippmann (³) s'adapte parfaitement au diapason. Un fil de soie f relie l'une des branches A du diapason à un élément de ressort platiné r réglé de façon à toucher le fil de platine p, qui termine la vis v lorsque le pendule est au repos et le fil rectiligne.

» L'électro d'entretien e est en série avec le fil fin f' d'une petite bobine dont le gros fil f'' reçoit le courant d'une pile. Enfin on communique au diapason une aimantation préalable très légère, mais bien distribuée, au moyen d'une bobine creuse auxiliaire portant quelques spires. Il faut, dans une explication complète d'un dispositif quelconque, tenir compte du rôle de l'aimantation permanente inévitable des branches d'acier.

» Si les connexions sont bien établies, les charges induites à l'ouverture et à la fermeture du circuit primaire impriment aux deux branches des impulsions favorables au moment où elles passent par leurs positions d'équilibre. Ces conditions sont celles de l'entretien théorique. La dissymétrie d'action des deux extracourants, qui peuvent seuls jouer un rôle actif dans le dispositif classique de M. Mercadier, se trouve ainsi supprimée (⁴). Il en est de même des inconvénients qui résultent d'un contact mal défini.

» Ayant remarqué que le contact de l'électrodiapason paraissait fonctionner dans certain cas à la façon d'un contact microphonique, nous

---

(¹) *Société de Physique*, 1874.
(²) *Comptes rendus*, 1898.
(³) *Id.*, 1896.
(⁴) Voir G. Lippmann, *Séances de la Société de Physique*; 1885.

avons été conduits à essayer la solution suivante, qui a donné d'excellents résultats :

» Les vibrations du diapason sont transmises au microphone directement ou par le milieu interposé.

» La pression des charbons sur leurs supports doit être très faible à la mise en marche; on l'augmente ensuite progressivement au moyen d'une régulation magnétique : les crachements disparaissent et le microphone rend bientôt un son musical à l'unisson de celui du diapason; l'amplitude du mouvement des branches du diapason atteint alors sa valeur maximum : avec 4 volts on obtient facilement une amplitude d'environ 1^{cm}. Au lieu d'utiliser directement le courant microphonique, on peut le faire servir de courant inducteur et recevoir l'induit dans la bobine d'entretien.

» Si l'on a besoin d'entretenir un diapason quelconque monté sur sa caisse de résonance, le microphone doit être placé à une petite distance en avant de l'ouverture de la caisse. »

PHYSIQUE. — *Étude expérimentale du mouvement des liquides propageant de la chaleur par convection. Régime permanent : tourbillons cellulaires* (¹). Note de M. **Henri Bénard**, présentée par M. Mascart.

« Aucune étude expérimentale systématique du mouvement des liquides transportant de la chaleur de bas en haut, en régime permanent, n'a été faite jusqu'à présent. L'objet de cette Note est de faire connaître les principaux résultats de recherches entreprises à ce sujet par les méthodes les plus précises de l'Optique. Le détail des mesures de dimensions, de vitesses, de températures et de flux de chaleur fera l'objet d'une publication plus étendue.

» Les conditions choisies sont uniformes dans le plan horizontal indéfini : le fond est formé par la paroi plane d'un *mur* métallique épais, à travers lequel passe un flux de chaleur vertical uniforme; la surface supérieure du liquide est libre et rayonne dans l'atmosphère ambiante. Les couches liquides employées sont de l'ordre du millimètre.

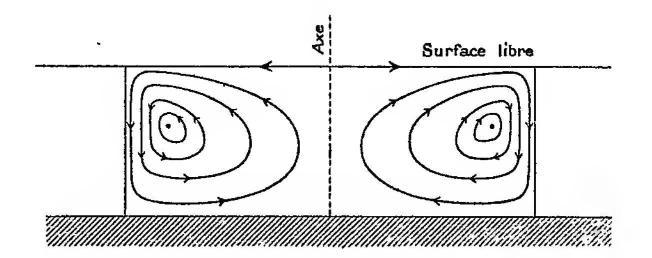
» Les mouvements observés dans ces conditions ne sont pas toujours stables : quand la viscosité du liquide est très faible et le flux de chaleur considérable, l'instabilité des mouvements tourbillonnaires qui prennent

---

(¹) Travail fait au laboratoire de Physique du Collège de France.

naissance rend les observations difficiles; une description qualitative très incomplète, d'après des documents donnés par la photographie instantanée, a seule été possible. Je n'indique ici que les phénomènes observés quand un régime permanent stable est réalisable.

» Dans ce cas, la distribution des mouvements s'effectue suivant le *type cellulaire parfaitement régulier:* la masse entière se subdivise en *cellules* prismatiques polygonales régulières, dont le type le plus parfait est l'assemblage de prismes droits à bases d'hexagones réguliers. Les axes de ces cellules et les parois planes verticales qui les limitent sont des lieux de *tourbillon* nul (ou sans rotation instantanée). La masse liquide contenue dans chaque cellule est un individu hydrodynamique comme les anneaux tourbillonnaires maintes fois étudiés. Les filets liquides sont des courbes fermées contenues dans les différents plans verticaux passant par l'axe (rigoureusement planes au moins dans les six plans de symétrie). La distribution de ces filets et le sens de la circulation sont indiqués par la figure : ascension du liquide chaud par les parties axiales, refroidissement



dans les parties des trajectoires voisines de la surface libre, et descente par les régions périphériques. La courbe, lieu des points de vitesse nulle, autour de laquelle tournent tous les filets, est un polygone à contours arrondis, qui épouse la forme latérale de la cellule, en approchant très près de la paroi sans rotation. Sur chaque filet, le mouvement, rigoureusement permanent, a une période propre qui varie suivant la longueur de la trajectoire, mais dans une faible proportion, sauf naturellement pour les filets tout à fait extérieurs, à forme limite rectangulaire, sur lesquels le frottement contre la paroi solide du fond ralentit les mouvements dans la portion inférieure du trajet. La mesure des périodes, l'étude de leur distribution et de leurs variations avec les conditions thermiques ont été faites avec rigueur [1].

---

[1] La permanence est telle que j'ai suivi, pendant une heure, en projection hori-

» La première loi expérimentale, immédiate, est qu'il existe pour les cellules une dimension unique stable parfaitement définie dans des conditions données d'épaisseur, de température et de flux thermique pour un liquide donné, ou bien encore qu'il y a une distance stable unique entre deux centres d'ascension voisins : cette condition détermine le réseau hexagonal régulier et les alignements surprenants créés par accommodation progressive des cellules voisines ([1]).

» La loi approchée de l'influence de l'épaisseur sur les dimensions transversales est la proportionnalité. Cette loi n'est exacte qu'au $\frac{1}{10}$ à peu près. Les mesures rigoureuses montrent une influence plus complexe dont j'indiquerai la discussion ailleurs ([2]).

» Une autre loi importante a résulté des mesures thermiques très précises que j'ai installées : la dimension stable, très notablement variable avec la température moyenne du liquide, ne dépend pas sensiblement, au moins dans les limites de variation que j'ai pu réaliser, du flux de chaleur que transporte le liquide; les vitesses seules s'accélèrent quand le flux augmente.

» Dans une prochaine Note, j'indiquerai les méthodes d'observation employées, surtout optiques, qui m'ont permis d'étudier et de mesurer

---

zontale, le mouvement de deux grains de lycopode incorporés par hasard dans le même méridien de la même cellule. La période moyenne était $1^s,1$ et la longueur de la trajectoire $0^{cm},3$ environ. Ils sont restés projetés sur la même droite pendant 4000 périodes. Comme ils n'étaient pas sur le même filet, l'inégalité légère des périodes amenait des coïncidences régulières comparables à celles de deux pendules.

([1]) A défaut des photographies, qui seront reproduites plus tard, je tiens à préciser par des chiffres la régularité de ces alignements : certains de mes clichés de mesure contiennent uniquement des hexagones réguliers; il y en a, par exemple, 360 dans le champ de 9^{cq} environ. Leurs surfaces sont certainement égales à $\frac{1}{100}$ près. D'une extrémité à l'autre du champ, les trois directions des côtés sont restées parallèles à 2° ou 3° près. C'est l'image même des mailles d'un réseau cristallin hexagonal. On voit la précision des mesures de dimensions sur de tels clichés.

([2]) M. A. Guébhard (*Séances de la Soc. de Phys.*, juin et juillet 1897) a signalé des mouvements de la nature de ceux-ci dans les bains développateurs abandonnés dans une cuvette. Il a vu la nature tourbillonnaire du phénomène et indiqué plus tard son origine thermique. Il a même trouvé la loi approchée de proportionnalité à l'épaisseur. Je suis heureux d'avoir à rappeler cette priorité. C'est d'ailleurs tout l'historique des tourbillons cellulaires à liquide unique, avec une observation isolée de E.-H. Weber (*Pogg. Ann.*, 1855) qui, lui, n'a pas du tout vu la nature et la généralité du phénomène.

tous les éléments de ce curieux mouvement permanent, premier exemple d'un phénomène physique où des conditions uniformes dans le plan créent la structure cellulaire parfaite. »

PHYSIQUE. — *Sur la durée d'émission des rayons Röntgen* ([1]). Note de M. **Bernard Brunhes**, présentée par M. Mascart.

« Au cours de mes expériences sur la vitesse des rayons Röntgen ([2]), j'ai reconnu que l'émission des rayons X provoquée par une rupture du courant primaire dans la bobine d'induction n'est pas instantanée comme une étincelle de décharge.

» I. On peut le démontrer par une expérience très simple, analogue aux expériences classiques de Wheatstone et d'Arago.

» Un disque circulaire de tôle de 55^{cm} de diamètre et de 1^{mm} d'épaisseur est percé, suivant ses rayons, de séries de trous circulaires juxtaposés, ayant chacun 5^{mm} de diamètre. Si l'on dispose en arrière un tube de Crookes, et en avant un grand écran fluorescent, on voit les trous apparaître en clair dans l'ombre projetée par le disque sur l'écran. Vient-on à communiquer au disque une rotation rapide, le tube et l'écran restant fixes, les images des trous se déplacent : elles sautillent d'un point à l'autre de l'écran; mais elles restent assez nettes pour qu'on puisse constater avec certitude que leur forme s'allonge dans le sens perpendiculaire au rayon du disque. Et les images reprennent la forme circulaire quand le moteur qui entraîne le disque vient à s'arrêter.

» Si l'on remplace l'écran au platinocyanure par une feuille de carton blanc et le tube de Crookes par un micromètre à étincelles, on voit au contraire les projections des trous sur l'écran garder exactement la forme circulaire durant la rotation du disque. C'est l'expérience de Wheatstone, à peine modifiée.

» L'expérience précédente fournit une évaluation approchée du temps que dure l'émission des rayons X.

» Les trous d'une série sont répartis, presque tangents les uns aux autres, sur une droite de 9^{cm} de longueur, commençant à 16^{cm} du centre et finissant à 25^{cm}. Cette droite est dirigée suivant un rayon du disque. On a une soixantaine de séries de trous disposées suivant autant de rayons du disque.

([1]) Laboratoire de Physique de l'Université de Dijon.

([2]) *Comptes rendus*, 15 janvier 1900 (ce volume, p. 127).

» Le disque est monté sur un moteur triphasé qui tourne à vide à 1200 tours par minute.

» Avec un tube Chabaud-Villard placé à 40^{cm} derrière le disque tournant, et un écran au platinocyanure placé à 3^{cm} ou 4^{cm} en avant, les trous apparaissaient, durant la rotation, transformés en des ellipses dont le grand axe était un peu inférieur au double du petit axe. Les trous les plus voisins de la circonférence du disque paraissent les plus allongés.

» Si l'on admet un allongement dans le sens du mouvement égal à la moitié du diamètre normal du trou, soit $2^{mm},5$, cela fait un étalement angulaire égal à environ $\frac{2,5}{250} = \frac{1}{100}$. La vitesse angulaire du moteur étant $2\pi \times 20 = 125$, la durée d'émission est égale, en secondes, à $\frac{1}{100} \times \frac{1}{125} = \frac{1}{12500}$.

» Un tube allemand, gros modèle, m'a donné un allongement des trous un peu plus sensible, par suite une durée d'émission un peu plus longue. Cette durée est liée, selon moi, à la distance de la cathode à l'anticathode. Elle ne paraît pas varier, suivant qu'un même tube est plus ou moins poussé.

» II. Cette *durée d'émission,* de l'ordre du dix-millième de seconde, énorme par conséquent par rapport à la durée d'une étincelle, est ce qui rend si difficile la mesure de la *durée de propagation* d'un flux de rayons X.

» Elle explique, en particulier, une expérience curieuse qui m'avait assez longtemps arrêté.

» On a un excitateur primaire P, et, plus loin, à 60^{cm} environ, un excitateur secondaire S. Le premier est relié aux pôles d'une machine statique et aux armatures intérieures de deux bouteilles de Leyde; le second, aux armatures extérieures de ces bouteilles, qui communiquent, en outre, l'une avec l'autre, par une résistance liquide. Si les fils de communication qui vont d'un excitateur à l'autre (fils interrompus, bien entendu, par les bouteilles) sont à peu près rectilignes, on met facilement en évidence l'influence de la lumière ultra-violette émise par l'étincelle primaire sur l'excitateur secondaire. On peut régler la distance des boules de celui-ci de telle sorte qu'il n'éclate *jamais* d'étincelle secondaire quand un écran de carton lui cache l'étincelle primaire, et qu'il en éclate *toujours* quand l'écran est supprimé (1).

» Ce réglage fait, et l'écran de carton remis en place, si l'on met devant l'excitateur primaire un tube de Crookes actionné par une bobine d'induction, et qu'on

---

(1) L'expérience ne réussit plus si les fils de communication font de longs détours, ou s'ils sont enroulés en solénoïdes à spires trop rapprochées, parce qu'alors l'impulsion électrique n'arrive plus en S qu'après que S a cessé d'être éclairé. C'est sur un principe analogue que M. Swyngedauw a fondé une ingénieuse méthode d'étude de l'excitateur de Hertz (*Comptes rendus*, t. XXX, p. 708; 12 mars 1900).

tourne d'autre part la machine statique, on voit de nouveau des étincelles éclater en S en même temps qu'en P. Certaines étincelles statiques en P éclatent seules, sans être accompagnées d'étincelles dynamiques en S : ce sont celles qui ne sont pas provoquées par l'action des rayons X. Mais quand on entend l'étincelle éclater en P au moment où s'illumine le tube de Crookes, on est sûr qu'il éclate alors une étincelle en S.

» On supprime absolument toute étincelle en S, si l'on met à l'abri des rayons X, par un écran métallique épais, l'excitateur secondaire. *On obtient le même résultat si l'on met à l'abri des rayons X l'excitateur primaire sans mettre à l'abri l'excitateur secondaire.*

» Cette expérience, très simple, pourrait servir à démontrer aisément l'action des rayons X sur les potentiels explosifs dynamiques. Elle réussit d'ailleurs en remplaçant le tube de Crookes par un micromètre à étincelles où l'on fait éclater des décharges assez fortes pour *déterminer* des étincelles en P et agir en même temps à la distance de S.

» *Mais ce qui était inattendu, c'est que l'expérience faite avec le tube de Crookes réussit tout aussi bien quand on le transporte du côté opposé de l'appareil, de façon que les rayons X éclairent d'abord le micromètre secondaire et ne rencontrent le micromètre primaire que plus loin.* J'ai vérifié qu'au contraire l'expérience ne réussit pas, dans ces conditions, avec une étincelle, source de lumière ultra-violette.

» L'explication de cette différence est dans la différence de durée d'une étincelle et d'une émission de rayons X.

» C'est à la suite de cette expérience que j'ai renoncé à étudier la durée de propagation des rayons X en ayant recours à l'action des rayons X sur les potentiels explosifs dynamiques, bien que cette action ait l'avantage d'être incomparablement plus nette que sur les potentiels explosifs statiques.

» III. Si chaque émission de rayons Röntgen donne lieu ainsi à un train d'ondes de quelques dizaines de kilomètres de long, une importante question se pose : la tête et la queue du train marchent-elles de la même vitesse? La longueur du train ne s'allonge-t-elle pas en route?

» L'expérience m'a fourni déjà une première réponse :

» Si l'on reprend, en effet, l'expérience du disque de tôle percé de trous circulaires, on observe que *les images des trous sur l'écran conservent, durant la rotation, exactement la même forme, quelle que soit la distance du tube de Crookes au disque tournant*. Cette distance a varié exactement de 35^{cm} à 70^{cm}.

» La traversée d'une épaisseur d'air de 35^{cm} ne paraît donc pas avoir modifié la longueur du train d'ondes qui vient frapper le disque. C'est là

un résultat que n'aurait pas donné un flux de rayons cathodiques ([1]), et qui revêt une importance particulière dans les idées de M. Sagnac sur la nature de la lumière et des rayons X ([2]).

» Il a, au point de vue de mes propres expériences, un intérêt plus immédiat. Si un train d'ondes de Röntgen n'éprouve, en se propageant, que des déformations du même ordre que celles qu'éprouve un train d'ondes sonores ([3]), on peut espérer une mesure exacte du temps écoulé entre les arrivées du *front de l'onde* sur deux obstacles successifs. Et, dans ma pensée, c'est bien l'arrivée du *front de l'onde* sur un micromètre qui détermine l'étincelle, dans les cas, trop rarement réalisés, où les rayons X établissent entre deux étincelles statiques indépendantes ce synchronisme presque parfait que révèle l'apparition du phénomène de Kerr. »

PHYSIQUE. — *Sur la réflexion et la réfraction des rayons cathodiques et des rayons déviables du radium* ([4]). Note de M. **P. Villard.**

« Les expériences de Hertz et celles de M. Lénard ont montré que les rayons cathodiques peuvent traverser des lames minces, métalliques ou non, cette transmission étant accompagnée d'une diffusion considérable. Le fait que la vitesse des rayons transmis est à peu près identique à celle des rayons incidents paraît difficilement conciliable avec l'hypothèse balistique, généralement admise, et l'on est conduit à admettre avec M. J.-J. Thomson qu'il s'agit en réalité d'une émission secondaire. Les résultats suivants conduisent à la même conclusion :

» *Pseudo-réflexion uniradiale.* — Quand un faisceau cathodique rencontre une lame métallique isolée, non seulement il y a diffusion des rayons en tous sens, mais, en même temps, la région frappée par les rayons incidents émet un faisceau assez bien défini dont la direction est normale à la lame. L'expérience est très nette en recevant, sur une lame à 45°, un faisceau primaire cylindrique très étroit produit par une cathode concave. On rend visible le faisceau secondaire en faisant le vide sur l'oxygène dans un tube en verre peu fluorescent.

([1]) Q. Majorana, *Journal de Physique*, 3e série, t. VII, p. 225; 1898.
([2]) Sagnac, *Journal de Physique*, 3e série, t. IX, p. 188; 1900.
([3]) Violle et Vauthier, *Journal de Physique*, 2e série, t. X, p. 476; 1891.
([4]) Travail fait au laboratoire de Chimie de l'École Normale supérieure.

» Ces nouveaux rayons sont déviables par un champ électrique ou magnétique comme les rayons ordinaires, échauffent les obstacles qu'ils rencontrent, excitent la fluorescence du verre et rendent luminescent le gaz traversé.

» Il est naturel d'admettre que la région anticathodique frappée par le faisceau incident, recevant à la fois la matière cathodique et des charges négatives instantanées, devient le siège d'une émission secondaire nécessairement normale à la surface d'émission ([1]).

» *Réfraction.* — Si la lame anticathodique est très mince (lame de magnésium ou d'aluminium de $0^{mm},02$ d'épaisseur), il y a un faisceau transmis : celui-ci est diffus, mais, avec des rayons incidents concentrés et aussi intenses que le permet la fragilité de la lame, on obtient un faisceau transmis assez défini pour pouvoir reconnaître que la direction de son axe est toujours normale à la lame mince. Il y a donc réfraction apparente (dans le sens étymologique du mot *réfraction*) et, de même que précédemment, le phénomène doit être considéré comme une émission nouvelle, donnant naissance à des rayons semblables aux rayons directs.

» *Réfraction des rayons du radium.* — Les rayons déviables du radium se comportent comme les rayons cathodiques des tubes de Crookes ; l'expérience a été faite de la manière suivante :

» Une petite quantité de chlorure de baryum radifère, enfermée dans une ampoule en verre mince, a été placée dans un tube de plomb dont l'une des extrémités, librement ouverte, laissait sortir un cône de rayons de 20° environ. A 2^{mm} où 3^{mm} en avant de cette ouverture était fixée une petite lame d'aluminium de $0^{mm},3$ d'épaisseur inclinée à 45° sur l'axe du tube, et disposée de manière à intercepter la moitié du faisceau. Le tout était posé sur une plaque photographique enveloppée d'une double feuille de papier noir, qui recevait ainsi sous une incidence presque rasante le faisceau émergent. L'impression produite sur la plaque a montré que le demi-faisceau qui avait rencontré l'aluminium, au lieu de continuer sa route en ligne droite et de rester symétrique du demi-faisceau non intercepté, suivait une direction franchement normale à la lame. Cette réfraction est accompagnée d'une forte diffusion.

» A part l'épaisseur plus grande du métal traversé, le phénomène est le même que dans les tubes de Crookes.

» *Remarque sur le rayonnement du radium.* — En répétant l'expérience précédente dans des conditions diverses, j'ai presque toujours observé qu'au faisceau réfracté se superpose un faisceau à propagation rectiligne,

---

([1]) On observe en effet un espace obscur secondaire caractérisé par le changement brusque que subit la teinte du faisceau réfléchi à 2^{cm} ou 3^{cm} de la lame.

ce qui rendait parfois difficile l'interprétation des clichés. J'ai pensé que cet effet était dû à la présence de rayons non déviables moins absorbables que ceux qui ont été décrits par M. Curie (1). L'analyse magnétique du rayonnement étudié a montré que cette supposition est fondée.

» Les rayons émis par un petit tube de verre rempli de matière active passaient par une ouverture rectangulaire de 6^{mm} de largeur, pratiquée dans une barre de plomb, et traversaient un champ magnétique. Une plaque photographique 13×18, disposée sous une incidence presque rasante, enregistrait les trajectoires : dans ces conditions, on observe que les rayons admis dans le champ se divisent en deux groupes distincts, entièrement séparés après un trajet de quelques centimètres.

» L'un de ces groupes est dévié dans le sens prévu; l'autre, formé par les rayons non déviables, se propage rectilignement dans toute la longueur de la plaque. Ce faisceau non dévié est assez pénétrant pour impressionner, à 25^{cm} de distance, une plaque sensible protégée par plusieurs feuilles de papier noir et une lame d'aluminium; on peut même lui faire traverser une lame de plomb de $0^{mm},2$ d'épaisseur.

» Les résultats complexes que j'avais observés s'expliquent donc sans difficulté : le faisceau qui, dans mes expériences, traversait sans se réfracter la lame d'aluminium inclinée, correspond aux rayons non déviables : l'expérience a en effet montré qu'il est insensible au champ magnétique. Les rayons déviables, au contraire, se comportent comme les rayons cathodiques et émergent normalement à la lame traversée (2).

» Je me propose de reprendre ces expériences avec des rayons déviables purs.

» Les faits précédents conduisent à admettre que la partie non déviable de l'émission du radium contient des radiations très pénétrantes, capables de traverser des lames métalliques, radiations que la méthode photographique permet de déceler. »

---

(1) *Comptes rendus*, t. CXXX, p. 73; 8 janvier 1900.

(2) Le fait suivant montre combien grande est la différence entre les modes de propagation des deux rayonnements au travers des solides : dans l'expérience décrite plus haut, la trajectoire du faisceau dévié sur la plaque photographique présente des marbrures et des discontinuités qui correspondent aux ondulations du papier noir qui enveloppe la plaque; la trajectoire du faisceau non dévié est au contraire d'une parfaite régularité.

ÉLECTRICITÉ. — *Électrisation négative des rayons secondaires produits au moyen des rayons Röntgen.* Note de MM. **P. Curie** et **G. Sagnac**, présentée par M. H. Becquerel.

« Nous avons recherché si les rayons Röntgen et si les rayons secondaires moins pénétrants qu'ils excitent en frappant les divers corps transportent avec eux des charges électriques. Nous avons trouvé ces charges inappréciables dans le cas des rayons Röntgen. Au contraire, *les rayons secondaires* issus de la transformation des rayons Röntgen ([1]) *transportent avec eux des charges électriques négatives* à la manière des rayons cathodiques, comme le font les rayons du radium ([2]).

» I. Pour étudier les rayons Röntgen, nous employons une enceinte de Faraday en plomb *épais* de forme cubique, ayant 23^{cm} de côté, reliée à un électromètre à quadrants. Un large faisceau de rayons X y pénètre par une ouverture circulaire de 10^{cm} de diamètre, placée à 7^{cm} seulement de la lame focus du tube à rayons Röntgen. L'enceinte de plomb, y compris son ouverture, était complètement enveloppée par une couche continue d'un *diélectrique solide* (paraffine ou ébonite) recouverte elle-même d'aluminium mince en communication électrique avec la terre. *L'enveloppe continue de diélectrique solide est nécessaire pour maintenir l'isolement parfait du cylindre*, qui, sans cette précaution, ne demeurerait pas isolé dans l'air ambiant rendu conducteur de l'électricité par l'action des rayons Röntgen.

» Les résultats ont été négatifs. Nous pouvons seulement conclure que, si les rayons Röntgen transportent de l'électricité, les courants qu'ils pouvaient produire dans nos expériences étaient inférieurs à 10^{-12} ampère.

» II. Pour étudier les rayons secondaires des métaux, il fallait éviter que ces rayons, souvent très peu pénétrants, ne fussent absorbés au voisinage immédiat du métal qui les émet. Nous avons été amenés à placer les métaux dans l'air raréfié et à opérer à des pressions de plus en plus faibles, jusqu'au vide de Crookes ($0^{mm},001$ de mercure), afin de rendre à l'air ses propriétés isolantes, malgré l'action des rayons Röntgen et des rayons secondaires qui le traversent :

» Une feuille métallique mince M (*fig.* 1), reliée à l'électromètre et au quartz piézo-

---

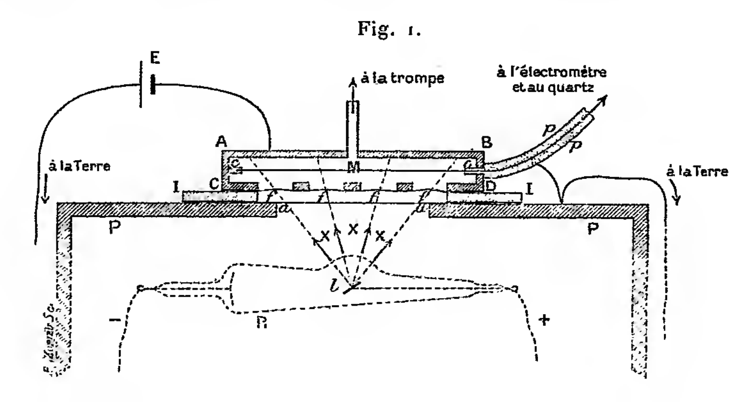
([1]) G. Sagnac, *Transformation des rayons X par les métaux* (*Comptes rendus* du 26 juillet et du 6 décembre 1897; *loc. cit.*, 1898, 1899 et 1900).

([2]) P. Curie et Mme P. Curie, *Sur la charge électrique des rayons déviables du radium* (*Comptes rendus* du 5 mars 1900, p. 647 de ce volume).

électrique, est maintenue isolée au milieu et à 3^{mm} seulement des parois d'une boîte métallique plate ABCD, qu'on peut mettre en relation avec la terre. La face inférieure CD de cette boîte est formée, comme la face supérieure AB, d'une plaque épaisse d'un autre métal N, mais percée de fenêtres f que recouvre une mince feuille du métal N. A 6^{cm} au-dessous de la face AB, se trouve la lame focus l, source des rayons Röntgen. Le système producteur de ces rayons (tube focus R, bobine Ruhmkorff et interrupteur électrolytique de Wehnelt) est enfermé dans une grande caisse de plomb épais dont la paroi PP est mise à la terre. Les rayons Röntgen sortent de la caisse PP par une ouverture circulaire de 10^{cm} de diamètre recouverte seulement d'une mince feuille d'aluminium *aa*. On peut faire le vide de Crookes dans la boîte étanche ABCD, reliée à la trompe à mercure.

» Quand on opère à la pression atmosphérique, la conductibilité de l'air sous l'influence des rayons est considérable. Lorsque le métal M de la feuille intérieure est différent du métal N des fenêtres f et des faces internes

Fig. 1.



de la boîte ABCD, le système (M|N) fonctionne comme une pile dont la force électromotrice fait dévier l'électromètre. On peut, par la méthode d'opposition du quartz piézoélectrique de M. P. Curie, mesurer le courant électrique nécessaire pour maintenir l'électromètre au potentiel zéro; ou bien on peut, sans agir sur le quartz, ramener l'électromètre à demeurer au zéro en intercalant en E, entre la boîte ABCD et la terre, une force électromotrice convenable e_0 prise en dérivation sur le circuit d'un daniell.

» Dans ces conditions, si l'on fait le vide dans l'appareil, l'équilibre de l'électromètre se maintient d'abord avec la même force électromotrice e_0 de compensation, tant que la pression ne s'est pas abaissée jusqu'à l'ordre de grandeur du millimètre (seulement, le courant qui prend naissance en l'absence de e_0 devient de plus en plus faible). Pour des pressions inférieures, la force électromotrice de compensation est modifiée. Elle dépasse bientôt celle d'un daniell, augmente constamment et semble croître au delà

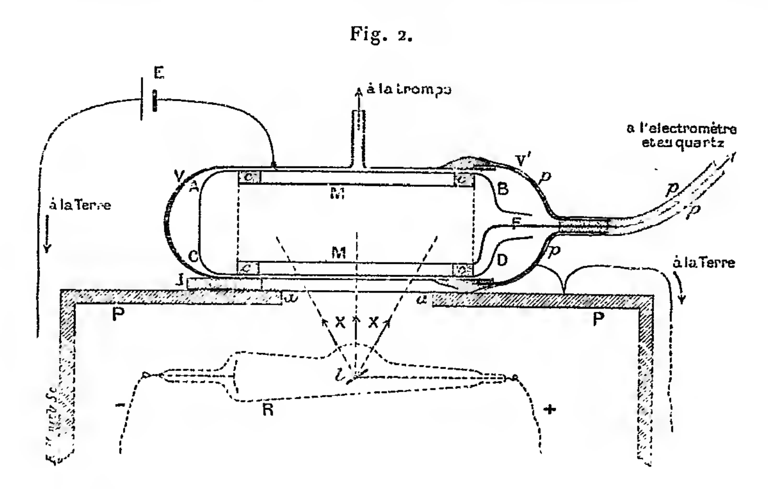
de toute limite à mesure qu'on se rapproche du vide de Crookes. Si l'on rétablit en E la force électromotrice primitive e_0 qui compensait le phénomène à la pression atmosphérique, on peut, à l'aide du quartz, mesurer le courant nécessaire pour maintenir l'électromètre au zéro. Ce courant, qui apparait aux pressions de l'ordre du millimètre, augmente d'abord légèrement avec la raréfaction de l'atmosphère, puis devient sensiblement constant pour le vide de Crookes.

» Si, par exemple, le métal intérieur M est du *platine*, et si le métal N des parois internes de la boîte ABCD est de l'*aluminium*, il faut maintenir l'aluminium à un potentiel négatif (inférieur en valeur absolue à 1 daniell) pour obtenir la compensation à la pression atmosphérique.

» Dans le vide de Crookes, cette force électromotrice n'est plus suffisante, et il faudrait porter l'aluminium à un potentiel négatif supérieur en valeur absolue à 20 volts si l'on voulait obtenir la compensation. Si l'on maintient la force électromotrice e_0 qui compensait le phénomène à la pression atmosphérique, on constate que, dans le vide de Crookes, sous l'action des rayons Röntgen, le platine se charge positivement. Le courant de charge, mesuré à l'aide du quartz, est de l'ordre de grandeur de 10^{-10} ampère quand on utilise, à travers les fenêtres *f* recouvertes d'aluminium mince, une surface d'environ 30^{cmq} placée à 6^{cm} de la source *l* des rayons Röntgen.

» Nous avons obtenu des résultats peu différents en employant une autre disposition (*fig.* 2) qui permet d'obtenir plus aisément le vide de Crookes : la feuille M est

Fig. 2.



alors enroulée en cylindre, et la boîte plate est remplacée par un second cylindre métallique ABCD de même axe que MM. On fait alors le vide dans le récipient V de verre léger et mince, après y avoir introduit le système MMABCD, puis fermé le récipient avec le couvercle de verre V'.

» Ces faits pourraient, à la rigueur, s'expliquer par une variation con-

tinue de la force électromotrice de contact qui croîtrait dans d'énormes proportions avec le degré de vide. Cette manière de voir est peu vraisemblable. On explique, au contraire, nettement les phénomènes en admettant que les rayons secondaires émis par les métaux en expérience emportent avec eux de l'électricité négative et libèrent, dans le métal, la quantité complémentaire d'électricité positive. Le platine transformant les rayons Röntgen considérablement plus que l'aluminium, son émission d'électricité négative est de beaucoup plus considérable que l'émission opposée de l'aluminium, et le platine se charge positivement.

» On peut renverser le phénomène en mettant l'aluminium en M à l'intérieur et le platine mince autour de M en ABCD*f* (*fig.* 1) ou ABCD (*fig.* 2). On constate alors que l'aluminium intérieur M, soumis à l'émission secondaire du platine, recueille de l'électricité négative.

» Nous avons fait varier la nature des métaux et constaté en particulier que le plomb et le platine sont parmi les métaux qui émettent le plus de charges négatives sous l'action des rayons X. Viennent ensuite l'étain et le zinc. Quant à l'aluminium, l'expérience déjà faite avec l'enceinte de Faraday tapissée extérieurement d'aluminium semble montrer que les rayons secondaires assez pénétrants de ce corps sont, comme les rayons Röntgen générateurs, dont ils diffèrent peu, sensiblement dépourvus de charge électrique. Ces résultats concordent ainsi avec ce que l'on sait sur la transformation des rayons Röntgen par les différents corps [1]. »

---

(1) G. Sagnac, *Sur la transformation des rayons X par les différents corps* (*Comptes rendus*, *loc. cit.*, 1897, 1898, 1899) et l'*Éclairage électrique*, t. XIX, p. 201-208; 13 mai 1899.

M. E. Dorn a annoncé que les rayons secondaires des métaux lourds sont déviés par le champ magnétique, et dans le même sens que les rayons cathodiques (*Abhand. d. Naturf. Gesell. zu Halle*. Bd. XXII, p. 40-42 ; 1900).

L'un de nous avait antérieurement émis l'opinion *que les rayons secondaires très absorbables des métaux lourds peuvent renfermer des rayons analogues à ceux de Lenard et déviables comme eux par l'aimant* [G. Sagnac, *Recherches sur les transformations des rayons Röntgen*, Chap. I, 3e paragraphe : *Rayons secondaires, rayons X et rayons de Lenard* (l'*Éclairage électrique* du 12 mars 1898)].

THERMOCHIMIE. — *Chaleur de formation du bioxyde de strontium hydraté et anhydre*. Note de M. DE FORCRAND.

« La strontiane dissoute se comporte, en présence de l'eau oxygénée, à peu près comme la baryte. Toutefois les précipités d'oxydes hydratés qui se forment par le mélange des liqueurs sont si complètement insolubles qu'il devient impossible de mesurer les chaleurs de neutralisation en maintenant tous les corps dissous.

» I. *Formation des précipités d'oxydes hydratés.* — 1° Action de $\frac{1}{2}H^2O$ (4^{lit}) sur SrO (24^{lit}).

» L'état final obtenu presque immédiatement (2ᵉ minute) est le suivant :

$$0,548\,SrO^{1,912} \text{ précipité } + 0,452\,SrO \text{ dissous}$$

d'après l'analyse du liquide filtré.

» Ce liquide ne contient aucune trace d'oxygène actif, ce qui indique l'insolubilité absolue du bioxyde hydraté dans l'eau, du moins dans l'eau à moitié saturée de strontiane.

» Dégagement de chaleur observé $+14^{Cal},193$, nombre qui, corrigé de la chaleur de formation du protoxyde hydraté contenu dans $SrO^{1,912}$ et rapporté à une molécule de SrO^2 hydraté pur, devient $+26^{Cal},921$.

» On en conclut, pour l'action de H^2Cl^2 dissous sur ce précipité :

$$+28^{Cal},320\ (^1) - 26^{Cal},921 \quad \text{soit} \quad +1^{Cal},400.$$

» Dans une expérience, j'ai recueilli le précipité; desséché sur des plaques poreuses pendant plusieurs heures à l'abri de l'air, il avait pour composition $SrO^{1,93} + 9,23\,H^2O$.

» 2° Action de H^2O^2 (2^{lit}) sur SrO (24^{lit}).

» État final :

$$0,98\,SrO^{1,99} \text{ précipité } + 0,02\,SrO^{1,5} \text{ dissous.}$$

» Chaleur dégagée : $+26^{Cal},001$; soit, après correction, $+26^{Cal},576$ pour 1 molécule de SrO^2 hydraté précipité pur.

» L'action de l'acide chlorhydrique étendu (H^2Cl^2) devrait donc donner ensuite $+28^{Cal},320 - 26^{Cal},576$, soit $+1^{Cal},744$. J'ai trouvé le nombre très voisin $+1^{Cal},862$.

» Le précipité, recueilli dans une expérience spéciale et desséché comme le précé-

---

(1) Chaleur de neutralisation de SrO (24^{lit}) par H^2Cl^2 (4^{lit}) déterminée dans les mêmes conditions. Les dissolutions de SrO (24^{lit}) sont très sensibles à l'action de l'eau; l'addition d'un volume égal d'eau dégage $+0^{Cal},653$.

dent, avait pour composition $SrO^{1,97} + 8,65 H^2O$. Lorsqu'on emploie de l'eau oxygénée beaucoup plus étendue ($H^2O^2 = 21^{lit}$) le résultat est un peu différent :

$$0,945\, SrO^{1,971} \text{ précipité} + 0,055\, SrO^{2,55};$$

il y a donc décomposition un peu plus complète du bioxyde précipité. La chaleur dégagée est très voisine : $+ 25^{Cal},639$, ce qui donne, après correction, $+ 27^{Cal},107$ pour SrO^2 hydraté.

» 3° Action de $2 H^2O^2$ (4^{lit}) sur SrO (24^{lit}).

» État final :

$$0,947\, SrO^{1,987} \text{ précipité} + 0,053\, SrO^{21} \text{ dissous.}$$

» Chaleur degagée $+ 25^{Cal},985$; soit, après correction, $+ 26^{Cal},860$.

» Ce qui donnerait ensuite, pour l'action du H^2Cl^2 (4^{lit}), $+ 1^{Cal},460$.

» Le précipité, recueilli et desséché comme les précédents, avait pour formule $SrO^{1,983} + 8,73 H^2O$.

» De ces diverses séries d'expériences, c'est celle qui donne $+ 26^{Cal},576$ (exactement H^2O^2 pour SrO) qui me paraît la plus digne de confiance, soit parce que c'est celle où la composition du précipité est la plus voisine de SrO^2, soit parce que la perte d'oxygène actif pendant la durée de l'expérience ($\frac{1}{400}$) y est négligeable, tandis que dans les autres elle atteint $\frac{1}{30}$ à $\frac{1}{40}$ de l'oxygène actif total.

» J'adopterai donc, pour la formation de SrO^2 hydraté précipité pur, $+ 26^{Cal},576$ à partir de H^2O^2 dissous et de SrO dissous, et par suite, pour sa chaleur de dissolution dans H^2Cl^2, $+ 1^{Cal},744$. Ce nombre $+ 26^{Cal},576$ est supérieur de 1^{Cal} environ à celui que donne la baryte dans les mêmes conditions $+ 25^{Cal},497$ (1).

» Comme pour la baryte, on voit encore qu'il se précipite toujours un peu de SrO hydraté en même temps que SrO^2, que la dose du protoxyde mélangé est la plus grande lorsque SrO est en excès, et que c'est le mélange équimoléculaire qui fournit la composition la plus voisine de SrO^2.

» II. *Préparation et chaleur de formation de* SrO^2 *anhydre*. — Au lieu de dessécher les précipités obtenus précédemment à 130°, comme on l'indique généralement, ce qui peut leur faire perdre un peu d'oxygène, j'ai placé l'un d'eux (le dernier) sous une cloche dans le vide sec. Au bout de quatre jours, sa composition était devenue $SrO^{1,98} + 1,8 H^2O$ et après dix jours $SrO^{1,912} + 0,19 H^2O$.

» Ce corps perd donc des traces d'oxygène, même à froid, et retient une petite quantité d'eau, mais il est facile de tenir compte de la faible proportion d'oxyde hydraté qui existe encore.

---

(1) *Comptes rendus*, t. CXXX, p. 835.

» Le produit ainsi obtenu a été dissous dans H^2Cl^2 (16^{lit}), ce qui a donné $+22^{Cal},225$ pour la dissolution dans l'acide de SrO^2 pur. On déduit de ce nombre :

	Cal
SrO sol. + O gaz = SrO^2 sol.	+ 10,875
Sr sol. + O^2 gaz = SrO^2 sol.	+142,075 (¹)
SrO^2 sol. + $9H^2O$ liq. (²) = $SrO^2, 9H^2O$ sol.	+ 20,481
SrO^2 sol. + $9H^2O$ sol. = $SrO^2, 9H^2O$ sol.	+ 7,611
soit pour $1H^2O$ liq. + 2,275 et pour $1H^2O$ sol.	+ 0,845

» Dans les mêmes conditions, le bioxyde de baryum donne :

	Cal
BaO sol. + O gaz = BaO^2 sol.	+ 12,10
BaO^2 sol. + $10H^2O$ liq. = $BaO^2, 10H^2O$ sol.	+ 18,20
ou pour l'état solide de $10H^2O$	+ 3,90
soit pour $1H^2O$ liq. + 1,82 et pour $1H^2O$ sol.	+ 0,39

» Ces comparaisons montrent que la chaleur de suroxydation de SrO anhydre est inférieure de plus de 1^{Cal} à celle de BaO, ce qui explique pourquoi le bioxyde anhydre de strontium est moins stable et moins facile à obtenir exempt de protoxyde; sa tension de dissociation est plus grande.

» Ils montrent encore que c'est l'inverse à l'état hydraté précipité; le bioxyde de strontium a donc pour l'eau (environ $9H^2O$) une affinité plus grande que le bioxyde de baryum de plus de 2^{Cal}. Il en résulte que l'eau oxygénée agit sur la strontiane dissoute en dégageant presque autant de chaleur qu'un acide fort, en donnant un précipité $SrO^2, 9H^2O$ qui est son sel neutre hydraté. »

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur un nouveau mode de fractionnement de quelques terres rares*. Note de M. **Eug. Demarçay**, présentée par M. H. Moissan.

« J'ai annoncé, il y a quelques années (*Comptes rendus*, t. CXXII, p. 728; 1896), que le samarium de poids atomique égal à 150 contenait un

(¹) En adoptant le nombre (probablement trop faible) de Thomsen pour Sr + O... + 131,2.

(²) J'admets pour l'état d'hydratation de SrO^2 précipité $9H^2O$, mes analyses ayant fourni successivement 9,23, 8,65 et 8,73 H^2O; mais il est difficile de préciser davantage et d'affirmer que ce n'est pas 8 ou même $10H^2O$, pour les raisons indiquées par M. Berthelot à propos de l'hydrate de bioxyde de baryum (*Annales de Chim. et de Phys.*, 5ᵉ série, t. XXI, p. 159).

autre élément (caractérisé par un certain nombre de raies violettes et ultra-violettes) que j'ai désigné provisoirement pour plus de simplicité par Σ. Depuis cette époque, j'ai été occupé surtout de son isolement. Cette séparation s'est montrée extraordinairement difficile par tous les procédés connus, même par celui de cristallisation des nitrates dans l'acide nitrique concentré, qui m'avait permis de différencier assez facilement ses raies principales de celles du gadolinium et du samarium.

» J'ai pourtant reconnu ainsi que Σ ne se trouvait qu'en proportion assez faible dans mon mélange et j'ai dû beaucoup augmenter la quantité de matière sur laquelle j'opérais. Mais, même dans ces conditions favorables, il a fallu, après deux ans de fractionnements incessants (plus de huit cents séries de cristallisations), reconnaître que la méthode que j'employais, faute d'une meilleure, ne pourrait me faire atteindre le but qu'après de bien longs mois encore. J'ai eu heureusement, l'automne dernier, la bonne fortune de trouver enfin un procédé de fractionnement qui m'a permis non seulement d'atteindre le but que je poursuivais, mais s'est même montré d'une rapidité inespérée pour d'autres séparations et d'une grande commodité. Il consiste à faire cristalliser dans l'acide nitrique les azotates doubles magnésiens des terres rares.

» Ces azotates magnésiens, qui n'avaient été signalés que dans le cas du lanthane et du cérium (Holzmann, *Journ. für pract. Chem.*, t. LXXV, p. 350), existent encore pour le reste de la série des terres rares, apparemment jusqu'au holmium, mais non pour l'yttrium. Ils répondent à la formule générale

$$M^2(AzO^3)^6, 3Mg(AzO^3)^2, 24H^2O.$$

» Le sel le moins soluble dans l'acide nitrique est celui de lanthane : la solubilité et l'instabilité des sels croissent à mesure que s'élève le poids moléculaire de la terre rare. Ainsi, tandis que, vers 16°, 100^{cc} d'acide nitrique ($d = 1,3$) dissolvent un peu moins de 2^{gr} du sel de néodyme, ils dissolvent 3^{gr} à peu près du sel de samarium et près de 5^{gr} du sel de gadolinium. Tandis que le sel de néodyme cristallise indéfiniment, sans se dédoubler, la solution du sel de samarium, en l'absence de germe du sel double, laisse parfois, bien que très rarement, déposer du nitrate de magnésium qui par le repos ne tarde pas à se transformer en sel double au sein de son eau-mère, et le sel de gadolinium se dédouble presque toujours pour se reconstituer, avec la plus grande facilité d'ailleurs, en présence d'un germe ou même spontanément, bien que plus difficilement. La pré-

sence de l'un de ces sels doubles diminue (comme on pouvait s'y attendre) la solubilité des sels correspondants moins solubles des autres terres. Dans le cas du néodyme et du samarium, on peut ainsi, en quelques jours et par des cristallisations sur quatre fractions seulement, obtenir, d'une part, du néodyme sensiblement pur, de l'autre du samarium exempt de néodyme. Cette séparation, jadis l'une des plus pénibles des terres rares, devient ainsi la plus facile de toutes. Celle du samarium d'avec Σ est plus longue. Elle demande huit à dix fractions successives en opérant dans de bonnes conditions. La séparation du samarium d'avec le gadolinium est encore plus aisée, le sel de gadolinium étant bien plus soluble que celui de Σ. On peut donc sans trop de peine se procurer de grandes quantités de samarium pur. Il n'est pas malheureusement aussi rapide d'enlever le Σ au gadolinium. Il m'a fallu au moins douze fractions successives pour éliminer toute trace du premier. La séparation du gadolinium d'avec les terres suivantes et de celles-ci entre elles devient aussi de plus en plus difficile. Néanmoins elle est encore assez supérieure aux anciennes méthodes pour que j'aie déjà pu faire des observations importantes sur la nature des terres comprises entre le holmium et le gadolinium.

» Dans ces fractionnements l'yttrium est éliminé parmi les portions les plus solubles avec l'ytterbium, le thulium, l'erbium et une forte portion du holmium. Une grande quantité d'yttrium rend la séparation médiocre. Il est donc indispensable de l'éliminer au préalable par le sulfate de soude autant que possible, ou bien par cristallisation dans l'acide nitrique ($d = 1,3$) des azotates simples. Il ne faut pas employer un acide trop concentré qui provoquerait la formation d'un hydrate $Y(AzO^3)^3, 3H^2O$ moins maniable que l'hydrate ordinaire.

» Le procédé de cristallisation dans l'acide nitrique présente en effet de grands avantages quand il s'agit de séparer les terres rares qui ne contiennent plus d'élément à poids atomique inférieur à celui du gadolinium. La solubilité des nitrates dans l'acide nitrique diminue rapidement à poids atomique croissant à partir du nitrate de lanthane, atteint un minimum pour le nitrate de gadolinium et croît ensuite lentement d'abord, pour atteindre de nouveau de grandes valeurs avec l'ytterbium. L'yttrium se range à ce point de vue sensiblement avec le néodyme et l'erbium, en sorte que, si cette méthode ne peut servir à séparer les éléments voisins du minimum (Gd — Tb), comme l'a très bien vu M. Bénédick (*Zeitsch. anorg. Chem.*, t. XXII, p. 393), elle est très commode pour éliminer d'un mélange l'yttria et les terres à gros poids moléculaire.

» Je n'ai fait qu'un essai rapide sur l'application des sels magnésiens à la séparation du lanthane, du praséodyme et du néodyme. Elle ne m'a pas semblé préférable à la cristallisation dans l'acide nitrique des sels ammoniacaux.

» Dans le Travail cité plus haut de M. Bénédick, ce savant n'a pas aperçu le Σ dans le fractionnement du samarium et du gadolinium. Indépendamment du fait que Σ, très peu abondant, est difficile à accumuler en un point d'un fractionnement, je pense que cela est dû à ce que M. Bénédick n'a pas suivi avec suffisamment de soin, au spectroscope, les variations des raies spectrales électriques des numéros successifs de son fractionnement. Il est à peine nécessaire de faire remarquer qu'il est *impossible* par toute autre méthode (que la spectroscopique) de caractériser des éléments qui, comme ceux-ci, ont des propriétés analogues variant uniformément dans un même sens avec le poids atomique et lorsqu'ils sont incolores. Si même l'éminent Marignac a pu séparer le gadolinium sans spectroscope, en le caractérisant par un poids atomique maximum dans une série de sels, cela tient à ce que sa terre contenait assez d'yttrium pour abaisser le poids atomique des éléments des dernières fractions et non à une caractérisation réelle du gadolinium qui n'a été due qu'à la description de son spectre par M. L. de Boisbaudran. Si, en effet, on répète les expériences de Marignac sur des terres exemptes d'yttrium, on ne retrouve plus que des poids atomiques régulièrement croissants, et l'on voit clairement que seul son spectre particulier a établi jusqu'ici que le gadolinium n'était pas un mélange des diverses autres terres connues incolores. Σ et le gadolinium ne sont pas d'ailleurs les seules terres à sels incolores ou peu colorés qui entrent dans la composition des terres à terbine. Il y en a plusieurs autres, et le spectroscope qui révèle leur existence est seul capable de faire suivre comme de diriger efficacement leur séparation. »

CHIMIE MINÉRALE. — *Formation de l'iodure de monomercurammonium par action ménagée de l'ammoniaque concentrée sur l'iodure de mercurdiammonium.* Note de M. **Maurice François**, présentée par M. H. Moissan.

« L'ammoniaque concentrée ajoutée en grande quantité à l'iodure de mercurdiammoninm fournit l'iodure de dimercurammonium; il en est autrement si l'on ménage l'action de l'ammoniaque en l'ajoutant par petites portions et à intervalles éloignés. On constate alors que l'iodure de mer-

curdiammonium, qui devenait brun dans le premier cas, reste blanc dans le second, bien que la quantité d'ammoniaque ajoutée finalement soit très considérable (par exemple 1000^{cc} pour 10^{gr} $HgI^2, 2AzH^3$). Cependant, il y a eu action, car on constate, en examinant le dépôt au microscope, que les gros cristaux de $HgI^2, 2AzH^3$ ont été remplacés par d'autres plus petits, également incolores, de propriétés différentes. Le nouveau corps formé est l'iodure de monomercurammonium HgH^2, AzI, corps qui n'avait pas encore été décrit. L'action ménagée de l'ammoniaque permet donc d'obtenir un corps intermédiaire entre l'iodure de mercurdiammonium et l'iodure de dimercurammonium. La production de ce corps, comme celle de l'iodure de dimercurammonium ([1]), est limitée et réversible; elle se fait suivant l'équation

$$(HgI^2, 2AzH^3)^2 = HgH^2AzI + AzH^4I.$$

» Pendant cette transformation, le liquide contient en dissolution de l'iodure d'ammonium et est saturé d'iodure de mercurdiammonium.

» Après que, par des additions successives et espacées d'ammoniaque, tout l'iodure de mercurdiammonium a été transformé en iodure de monomercurammonium, transformation pendant laquelle la composition du liquide est restée constante, de nouvelles additions d'ammoniaque changent la composition de ce liquide qui s'affaiblit en iodure d'ammonium et iodure de mercurdiammonium; l'iodure de monomercurammonium formé se décompose alors en fournissant de l'iodure de dimercurammonium cristallisé.

» Je reviens à la formation de l'iodure de monomercurammonium.

» Dans une série de flacons à émeri de grandeur telle qu'ils se trouvent sensiblement remplis quand la totalité de l'ammoniaque aura été ajoutée, on place 10^{gr} d'iodure mercurique et quelques billes de verre. On transforme en $HgI^2, 2AzH^3$ par un courant de gaz ammoniac, puis on ajoute, dans les flacons placés dans une étuve réglée à 21°, de l'ammoniaque ($D = 0,923$) comme il suit : 6 additions de 5^{cc}; 6 additions de 10^{cc}; 6 additions de 25^{cc}, des additions de 50^{cc} jusqu'à avoir complété 200^{cc} pour le premier flacon, 300^{cc} pour le second, 400^{cc} pour le troisième, etc. L'intervalle laissé entre deux additions successives était de douze heures. Après la dernière addition, on laisse une dizaine de jours à l'étuve en agitant fréquemment. Le dépôt est resté blanc; le liquide filtré est analysé; on y dose le mercure et l'iode sur 200^{cc} par électrolyse.

» Pendant la transformation de $HgI^2, 2AzH^3$ en HgH^2AzI, le liquide contient en dissolution $HgI^2, 2AzH^3$; il dépose, en effet, par refroidissement des cristaux de ce

---

([1]) *Comptes rendus*, t. CXXX, p. 332.

corps. En admettant que tout le mercure contenu dans le liquide est à l'état d'iodure de mercurdiammonium dissous, on calcule l'iode combiné au mercure à l'état de HgI^2, $2AzH^3$ et l'iode à l'état d'iodure d'ammonium libre.

» Le Tableau suivant montre que pendant la formation de HgH^2AzI la composition est constante :

Action fractionnée de l'ammoniaque (D = 0,923) *sur* $10^{gr},75$ HgI^2, $2AzH^3$ sec.
T = 21°.

	Ammoniaque employée finalement.	Mercure total dans 1000cc.	Iode total dans 1000cc.	AzH^4I libre dans 1000cc.
	cc	gr	gr	gr
1.............	200	1,885	5,337	3,361
2.............	300	1,870	5,292	3,331
3.............	400	1,815	5,248	3,360
4.............	500	1,875	5,305	3,326
5.............	600	1,855	5,105	3,139
6.............	800	1,420	4,356	2,914

» L'action inverse est possible, car si l'on fait agir l'ammoniaque (D = 0,923) chargée de plus de $3^{gr},50$ AzH^4I par 1000^{cc} sur l'iodure de monomercurammonium, celui-ci est transformé en totalité ou en partie en iodure de mercurdiammonium. Si HgH^2AzI est en excès, la composition du liquide après que l'état d'équilibre est atteint est celle des flacons 1 à 5 du Tableau ci-dessus.

» La préparation et les propriétés de l'iodure de monomercurammonium seront données dans un Mémoire ultérieur; cette préparation exige beaucoup de soins, ce corps étant altérable. Elle consiste essentiellement à produire comme ci-dessus, par addition successives d'ammoniaque concentrée sur HgI^2, $2AzH^3$, un mélange d'iodure de mercurdiammonium et d'iodure de monomercurammonium, à le recueillir et à le sécher dans une atmosphère fortement ammoniacale; puis à l'épuiser par l'éther pur qui enlève tout l'iodure de mercurdiammonium.

» C'est un corps blanc sale, formé de cristaux microscopiques, différant de l'iodure de mercurdiammonium en ce qu'il ne rougit pas à l'air et n'est pas soluble dans l'éther. »

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur un séléniure de manganèse cristallisé et sur un oxyséléniure.* Note de M. **Fonzes-Diacon**, présentée par M. H. Moissan.

« Le séléniure de manganèse fondu a été préparé par M. Fabre [1], en faisant réagir des vapeurs de sélénium sur du manganèse chauffé au rouge sombre; cet auteur a également obtenu, par voie humide, un séléniure de manganèse amorphe, gris rougeâtre.

» J'ai obtenu ce même corps, nettement cristallisé, par voie humide et par voie sèche.

» *Par voie humide.* — Une dissolution d'acétate de manganèse, saturée d'hydrogène sélénié entraînant de petites quantités d'acide chlorhydrique, abandonnée pendant quelques semaines à l'abri de l'air, laisse déposer de beaux cristaux cubiques non modifiés, gris noir, opaques, et réfléchissant une lumière bleutée; ces cristaux, desséchés dans l'hydrogène, répondent à la formule MnSe.

» Le séléniure amorphe, obtenu en précipitant une solution d'un sel de manganèse, est jaune orangé, mais il est mélangé à du séléniure cristallin noir, ce qui lui donne un aspect gris rougeâtre.

» *Par voie sèche.* — En faisant arriver un mélange d'azote et d'hydrogène sélénié sur du chlorure de manganèse desséché, chauffé au rouge sombre, j'ai obtenu une masse noire, à surface boursouflée et brillante, tapissée intérieurement de fines aiguilles prismatiques grises (gris jaune par transparence) mais dont les faibles dimensions ne permettent pas de déterminer la forme cristalline. Ces cristaux répondent également à la formule MnSe.

» Un mélange d'une molécule de séléniate de manganèse pour quatre de charbon de sucre, chauffé au four électrique à la température d'un arc de 80 volts et 140 ampères, pendant dix minutes, se transforme intégralement en un culot métallique à cassure très cristalline, grise, de SeMn.

» Ce séléniure de manganèse résiste bien à l'action prolongée de cette haute température.

» Du séléniure de manganèse, obtenu par précipitation et desséché dans l'hydrogène, chauffé au four électrique dans un creuset en traversant le couvercle, donne également un culot à aspect métallique à surface cristallisée et se clivant avec la plus grande facilité dans trois directions rectangulaires en donnant des lamelles carrées, grises par transparence, et n'agissant nullement sur la lumière polarisée. Ce séléniure répond à la formule MnSe et est isomorphe avec le sulfure de manganèse obtenu dans les mêmes conditions par M. Mourlot.

» *Propriétés.* — Le séléniure de manganèse cristallisé, préparé au four électrique, a une densité de 5,59 à +15°.

---

[1] Fabre, *Thèse de Doctorat*, 1886.

» Il est facilement attaqué par les acides dilués; l'acide chlorhydrique gazeux en déplace SeH^2.

» Réduit en poudre et traité par de l'eau oxygénée légèrement chlorhydrique, il se transforme en séléniate.

» Il brûle dans le chlore en donnant $MnCl^2$ et Cl^2Se.

» Au rouge sombre, l'oxygène le grille complètement, il reste dans la nacelle de l'oxyde salin de manganèse.

» A l'ébullition, l'eau l'altère légèrement.

» *Oxyséléniure de manganèse.* — Le séléniate de manganèse porté au rouge blanc dans un tube de porcelaine est réduit par un courant d'hydrogène. Dans cette réaction, il se dégage de l'anhydride sélénieux qui se sublime dans les parties froides du tube; il reste dans les nacelles une masse friable verdâtre mélangée à du séléniure noir.

» Cette poudre verte, traitée par l'acide chlorhydrique, laisse dégager de l'hydrogène sélénié; elle brûle dans l'oxygène en donnant de l'anhydride sélénieux et de l'oxyde salin de manganèse. C'est un oxyséléniure de manganèse analogue à l'oxysulfure de manganèse vert qui se forme dans les mêmes conditions.

» En résumé :

» 1° J'ai obtenu un séléniure de manganèse cubique MnSe par l'action de SeH^2 sur une solution faiblement chlorhydrique d'acétate de manganèse, par la réduction au four électrique du séléniate de manganèse par le charbon et par la fusion à haute température du séléniure de manganèse précipité;

» 2° J'ai obtenu un séléniure de manganèse prismatique, MnSe, par l'action de l'hydrogène sélénié sur le chlorure de manganèse porté au rouge;

» 3° En réduisant du séléniate de manganèse par l'hydrogène à haute température, j'ai pu préparer un oxyséléniure vert de manganèse. »

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur l'action réductrice du carbure de calcium* [1].
Note de M. **Geelmuyden**, présentée par M. H. Moissan.

« Dans ses premières recherches sur le carbure de calcium, M. Moissan a appelé l'attention sur les propriétés réductrices de ce composé et sur les réactions qu'il fournit en présence des oxydes.

---

(1) Laboratoire des hautes études de M. Moissan.

» Nous avons examiné l'action au four électrique du carbure de calcium sur quelques autres composés, et nous donnerons dans cette Note les résultats que nous avons obtenus concernant l'action du carbure de calcium sur l'anhydride borique et sur quelques sulfures métalliques naturels et artificiels.

» Le carbure de calcium employé était du carbure industriel qui, à l'analyse, nous a donné les chiffres suivants :

Ca	55,83
Al	0,85
Fe	0,59
Si	0,21
C calculé	34,42
Insoluble dans HCl	6,99

» *Action du carbure de calcium sur l'anhydride borique.* — Nous avons pensé que, dans la réduction de l'anhydride borique par le carbure de calcium, il était possible de reproduire l'un des deux corps déjà connus : le borure de carbone ou le borure de calcium.

» Dans ce but, nous avons pulvérisé et mélangé l'anhydride borique fondu avec du carbure de calcium dans la proportion suivante : 52^{gr} d'anhydride et 100^{gr} de carbure. Ce mélange a été chauffé pendant cinq minutes dans le four électrique à creuset avec un courant de 900 ampères sous 45 volts.

» Après refroidissement la partie supérieure du produit était constituée par une couche fondue, nettement cristallisée et facilement séparable de la partie inférieure.

» Les cristaux étaient attaquables par l'acide azotique. Ils n'étaient donc pas constitués par du borure de carbone.

» Après avoir lavé les cristaux plusieurs fois par l'acide chlorhydrique bouillant pour enlever complètement l'acide borique en excès, nous avons fait une analyse qualitative, qui nous a montré que les cristaux ne renfermaient que du calcium et du bore. Les propriétés physiques du produit étaient les mêmes que celles du borure de calcium, préparé précédemment par [1] MM. Moissan et Williams.

» Nous avons en outre trouvé par l'analyse des proportions de bore et de calcium, correspondant bien à ce composé.

» Le dosage fut effectué de la manière suivante :

» Environ $0^{gr},1$ des cristaux fut dissous dans une partie d'acide nitrique concentré du laboratoire et deux parties d'eau, dans un tube à essai qui était fermé par un bou-

---

[1] *Comptes rendus*, t. CXXV, p. 629; 1897.

chon de verre, faisant corps avec un tube en verre courbé. Ce dernier plongeait dans un petit barboteur contenant une solution de soude. Le tube à essai était placé dans l'eau, afin d'éviter toute élévation de température.

» Après avoir filtré au creuset de Gooch une petite quantité de graphite et d'un corps brunâtre, insoluble dans l'acide azotique, nous avons titré le bore à l'état d'acide borique par la méthode de M. Jones (1), modifiée par M. Alfred Stock (2).

» Le dosage du calcium fut effectué en dissolvant la matière dans l'acide nitrique et précipitant à l'état d'oxalate en solution acétique, afin d'éviter une précipitation de borate de calcium.

» Les chiffres trouvés par l'analyse sont les suivants :

	I.	II.	Théorie pour B^6Ca.
Ca................	37,57	38,05	37,74
B.................	61,89	61,29	62,23
	99,47	99,34	100,00

» *Action du carbure de calcium sur quelques sulfures métalliques.* — L'action du carbure de calcium agissant comme réducteur sur quelques sulfures artificiels et naturels nous a semblé particulièrement intéressante.

» Parmi les sulfures naturels nous avons choisi ceux qui habituellement renferment de nombreuses impuretés et sont peu propres au traitement métallurgique direct : par exemple la pyrite de fer, la panabase, etc.

» *Pyrite de fer.* — Un mélange de 140gr de pyrite de fer et de 100gr de carbure de calcium fut chauffé pendant quinze minutes dans le four de M. Moissan avec un courant de 900 ampères sous 45 volts.

» Au fond du creuset se trouvait un culot métallique assez volumineux.

» La partie supérieure était formée d'une masse bien cristallisée, contenant de petits globules métalliques.

» L'analyse qualitative du culot et des globules a montré qu'ils ne renfermaient que du fer saturé de graphite cristallisé. Il y a donc eu réduction complète.

» Un dosage de ces cristaux a prouvé qu'ils étaient constitués par du sulfure de calcium impur. Les chiffres obtenus, après avoir soustrait les impuretés, sont les suivants :

	I.	II.	Théorie pour CaS.
Ca..........................	55,68	55,28	55,56
S...........................	45,44	43,44	44,44

» La réaction a donc été la suivante :

$$FeS^2 + 2CaC^2 = Fe + 2CaS + 4C.$$

(1) *Amer. Journ. of Science*, t. VII, p. 147; *Zeitschr. f. anorg. Chemie*, t. XX, p. 216.

(2) *Comptes rendus*, 1900.

» *Panabase.* — Un mélange de 360gr de carbure de calcium et 180gr de panabase fut chauffé pendant douze minutes avec un courant de 900 ampères sous 45 volts.

» Au fond du creuset se trouvait un culot métallique, renfermant seulement du cuivre et du fer, impuretés que nous avons décelées dans le minerai. Il n'y avait pas trace d'antimoine, qui s'était donc complètement volatilisé. Les autres impuretés reconnues dans le minerai : l'arsenic, le plomb et la silice, ne se retrouvaient pas dans le culot. Le soufre s'était combiné, comme dans le cas précédent, avec le calcium du carbure.

» Nous avons également examiné l'action du carbure de calcium sur la *galène* et la *stibine*, et nous avons trouvé que ces deux composés sont tous deux réduits en abandonnant leur soufre au calcium, mais que les métaux mis en liberté sont en même temps complètement volatilisés.

» Nous avons aussi recherché si le carbure de calcium pouvait réduire les sulfures irréductibles par le charbon, tels que le sulfure de magnésium et le sulfure d'aluminium.

» *Sulfure de magnésium.* — Le sulfure de magnésium, préparé par l'action d'hydrogène sulfuré sur le sulfate de magnésium anhydre, a été mélangé avec du carbure de calcium dans la proportion suivante : 56gr de sulfure et 64gr de carbure. Ce mélange fut chauffé pendant cinq minutes dans un tube de charbon avec un courant de 850 ampères sous 45 volts.

» Pendant la chauffe, nous avons observé des flammes éclairantes provenant d'une volatilisation du magnésium. Il reste dans le tube du sulfure de calcium, mais il n'y a plus de magnésium. Il y a donc eu réduction du sulfure de magnésium, mais le métal a été volatilisé.

» *Sulfure d'aluminium.* — Nous avons fait un mélange de 6gr de sulfure d'aluminium, préparé par l'action de l'hydrogène sulfuré sur de l'aluminium porté au rouge, et 5gr de carbure de calcium.

» Ce mélange fut chauffé dans une nacelle de charbon au four électrique à tube. Nous avons chauffé pendant cinq minutes avec un courant de 900 ampères sous 45 volts.

» Il reste dans la nacelle une masse fondue, entraînant de petits globules qui sont du sulfure d'aluminium non attaqué.

» Le sulfure d'aluminium est donc aussi irréductible par le carbure de calcium que par le charbon. »

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur un nouveau mode de production de sulfates doubles de chrome* (¹). Note de M. C. **Pagel**, présentée par M. H. Moissan.

« En chauffant SO^4H^2 avec du bichromate de potasse, jusqu'à production de vapeurs blanches, M. Wernicke (²) obtient un résidu rougeâtre qui paraît être un mélange de plusieurs sels. Repris par HCl à chaud, il constate la formation d'un composé qui se rapproche de la formule $\left.\begin{matrix} K^2O \\ Cr^2O^3 \end{matrix}\right\rangle 4SO^3$. Ce sel, chauffé dans un creuset de platine avec du bisulfate de potasse, donne un composé vert pâle en aiguilles, qui répond à la formule $(SO^4)^3Cr^2, 3SO^4H^2$.

» En opérant d'une façon identique avec les sels de soude correspondants, il arrive à obtenir $(SO^4)^3Cr^2, 3SO^4Na^2$.

» Ce produit cristallisé se présente sous forme de fines aiguilles.

» Plus tard, M. Klobb (³) en s'occupant de l'action du sulfate d'ammoniaque, par voie ignée, sur les sels de chrome, trouve qu'il se produit, tantôt $(SO^4)^3Cr^2, 3SO^4Az^2H^8$, tantôt $(SO^4)^3Cr^2, 3SO^4K^2$ si l'on opère en présence de sels potassiques.

» Dans le cours de nos recherches sur la destruction des composés organiques par le mélange chlorochromique (⁴), nous avons obtenu incidemment des sels analogues. Après disparition de la matière organique, il reste dans la cornue un résidu rouge à chaud et vert à froid. Cette masse très dense et dure, traitée par l'eau chaude, finit par se désagréger et se présente alors sous forme cristalline. Ces cristaux microscopiques constitués par des tables hexagonales sont mélangés à d'autres présentant la forme prismatique. Dans la pensée que cette différence de cristallisation pourrait résulter de l'emploi des deux sels à bases alcalines variables, nous avons opéré avec des mélanges de sels de potassium et de sodium.

» Dans une première série d'expériences, nous traitons par l'acide sul-

---

(¹) Travail fait au laboratoire de Toxicologie de l'École supérieure de Pharmacie de Nancy.

(²) *Poggendorff's Annal.*, Bd CLIX, p. 579.

(³) *Comptes rendus*, 2ᵉ semestre 1893.

(⁴) *Bulletin d'Hygiène publique et de Médecine légale*; juillet 1898.

furique du bichromate de potasse et du chlorure de potassium et n'obtenons que des cristaux hexagonaux. Dans une deuxième, en partant du bichromate de soude et du chlorure de sodium pur, c'est un sel prismatique qui se forme. Mais, pour qu'il prenne naissance, il importe de faire intervenir une matière organique.

» Examinés au microscope polarisant, ces cristaux montrent une orientation le long des arêtes du prisme. Ils appartiennent, très probablement, au système hexagonal, car leur aspect rappelle absolument les cristaux de dioptase formés par la combinaison du rhomboèdre et du prisme hexagonal de deuxième espèce.

» Ces cristaux sont insolubles dans l'eau et les acides; il ne sont attaqués par la lessive de soude qu'en tube scellé. Chauffés sur une lame de platine, ils deviennent rouge violacé et, par refroidissement, reprennent leur couleur verte normale.

» Ils donnent à l'analyse :

Cr^2O^3	18,5
SO^3	58,62
SO^4Na^2	52,24

chiffres qui correspondent exactement à la formule $(SO^4)^3Cr^2, 3SO^4Na^2$, qui exige

Cr^2O^3	18,66
SO^3	58,67
SO^4Na^2	52,02

» C'est l'analogue de celui que M. Étard a préparé sous le nom de *kalisulfate* de chrome $(SO^4)^3Cr^2, 3SO^4K^2$ par fusion du chlorure violet (¹), composé qui, d'après Recoura, peut être considéré comme du chromotrisulfate de potasse (²).

» En opérant comme le fait M. Klobb, mais en nous servant de bisulfate de soude, c'est-à-dire en fondant dans un creuset un mélange de 100gr bisulfate de soude, 50gr sulfate d'ammoniaque, et 20gr sulfate de chrome, nous obtenons un sel cristallisé en fines aiguilles verdâtres, moins vertes que le sel prismatique. Ces aiguilles sont nettes et visibles à l'œil nu; elles ont les mêmes propriétés optiques que nos cristaux verts nettement définis. Malgré leur différence de forme, leur composition chimique

(¹) *Comptes rendus*, t. LXXXIV, p. 1089; 1877.

(²) *Ibid.*, 1er semestre 1893.

est cependant identique. Si avant de soumettre à la chaleur le mélange ci-dessus, nous l'imbibons de SO^4H^2 de façon à faire une pâte molle, et que nous chauffions jusqu'à production d'abondantes vapeurs blanches, la masse se boursoufle et entre en fusion tranquille. A ce moment, nous retirons le creuset du feu et obtenons par refroidissement le même sel que celui qui reste comme résidu par notre procédé de destruction.

» C'est sans doute le sel en aiguilles mentionné plus haut, qu'avait obtenu Wernicke, mais sans pouvoir indiquer le système cristallisé auquel il appartient.

» Ainsi donc, tout en partant d'un point de vue entièrement différent, nous arrivons au même résultat que cet auteur, en ce qui concerne la composition chimique des sels; mais, de plus, nous montrons que les sulfates doubles de chrome et de potassium, de chrome et de sodium rentrent dans le système hexagonal. »

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Dosage électrolytique du plomb dans le sulfate et le chromate. Application à l'analyse des verres plombeux et des chromates de plomb* (¹). Note de M. **C. Marie**, présentée par M. H. Moissan.

« Les deux principales méthodes de séparation du plomb, fondées sur sa précipitation, soit par l'hydrogène sulfuré, soit par l'acide sulfurique en présence d'alcool, l'amènent à une forme, sulfure ou sulfate, qui ne se prête pas au dosage électrolytique, à cause de son insolubilité dans l'acide azotique étendu. L'acide azotique transformant facilement le sulfure en sulfate, je ne considérerai que ce dernier sel.

» Pour effectuer la dissolution du sulfate dans l'acide azotique, je me suis arrêté après quelques essais à l'emploi de l'azotate d'ammoniaque, réactif qui n'introduit aucune substance fixe et peut être facilement éliminé dans les opérations analytiques ultérieures. Cette dissolution se fait de la manière suivante.

» Le sulfate de plomb est placé dans le verre de Bohême où se fera l'électrolyse, puis attaqué par l'acide azotique auquel peu à peu on ajoute des cristaux d'azotate d'ammoniaque. Quand le sulfate est complètement disparu, on étend avec de l'eau chaude, puis on électrolyse dans les conditions ordinaires (²) en maintenant la tempé-

(¹) Faculté des Sciences. Enseignement pratique de la Chimie appliquée.

(²) Riban, *Traité d'Analyse chimique quantitative par électrolyse*, p. 153.

rature à 60°-70°. Les quantités de réactif nécessaires sont les suivantes : pour $0^{gr},3$ de sulfate il faut environ 5^{gr} d'azotate d'ammoniaque; quant à l'acide azotique, sa quantité est déterminée par cette condition qu'après dilution le liquide doit contenir environ 10 pour 100 d'acide libre. En trois heures, avec une électrode en platine dépoli d'une surface de 90^{cmq} et un courant de $0^{amp},3$ on dépose facilement $0^{gr},4$ de bioxyde de plomb.

» Cette méthode permet d'appliquer l'électrolyse à l'analyse des verres à base de plomb. Pour cela, il suffit d'attaquer le verre finement pulvérisé par l'acide fluorhydrique additionné de la quantité d'acide sulfurique nécessaire pour transformer les bases en sulfates. Un excès d'acide sulfurique un peu considérable nuit, en effet, à la dissolution du sulfate de plomb, dissolution qui se fait comme il est dit plus haut. Après l'électrolyse, on peut procéder immédiatement au dosage des métaux alcalins si le produit analysé est un véritable cristal, c'est-à-dire ne contient aucun métal du groupe du fer ou du groupe des alcalino-terreux.

» *Dosage du plomb dans les chromates.* — Le chromate de plomb se dissout dans l'acide azotique et l'azotate d'ammoniaque encore plus facilement que le sulfate. Pour $0^{gr},05$ de chromate, 2^{gr} d'azotate suffisent; quant à l'acide azotique, il suffit que la liqueur finale en contienne 10 pour 100. L'électrolyse s'effectue exactement comme dans le cas du sulfate; l'acide chromique est complètement ramené pendant l'opération à l'état de sel de sesquioxyde précipitable directement par l'ammoniaque.

» Par la simplicité des opérations analytiques et l'exactitude des résultats qu'elle fournit la méthode décrite dans cette Note facilitera l'analyse de produits industriels importants, les silicates et les chromates à base de plomb. »

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'acide ααβ-triméthyl-β-oxyadipique* (1). Note de M. E.-E. BLAISE, présentée par M. H. Moissan.

« La synthèse des acides adipiques alcoylés présente aujourd'hui un certain intérêt, en raison de la propriété que possèdent leurs éthers de se condenser, sous l'influence du sodium, pour fournir les éthers alcoylcyclopentanonecarboniques. Ceux-ci semblent constituer, d'autre part, le pre-

(1) Faculté des Sciences de Lille.

mier terme de la synthèse des dérivés du camphre, et ce travail a été entrepris dans le but d'obtenir des dérivés possédant les formules de constitution que leur attribue M. Bredt.

» L'éther méthylique de l'acide lactonique qui correspond à l'acide $\alpha\alpha\beta$-triméthyl-β-oxyadipique a été obtenu en condensant le lévulate de méthyle et le bromo-isobutyrate de méthyle, en présence du zinc.

$$CH^3 - CO - CH^2 - CH^2 - CO^2CH^3 + \begin{matrix} CH^3 \\ CH^3 \end{matrix} \!\!>\! CBr - CO^2CH^3 + Zn$$

$$= CH^3 - \underset{\displaystyle |\atop CH^2 - CH^2 - CO^2CH^3}{\overset{\diagup O - ZnBr}{C}} - C(CH^3)^2 - CO^2CH^3.$$

» Le dérivé bromozincique ainsi formé est ensuite décomposé par l'acide sulfurique étendu.

$$2\,CH^3 - \underset{\displaystyle |\atop CH^2 - CH^2 - CO^2CH^3}{\overset{\diagup O - ZnBr}{C}} - C(CH^3)^2 - CO^2CH^3 + 2\,H^2O = ZnO + ZnBr^2 + 2\,CH^4O$$

$$+ 2\,CH^3 - C - C(CH^3)^2 - CO^2CH^3 \quad \text{(C lié par O à CO :} \;\; C \diagdown O \diagdown CO, \;\; C - CH^2 - CH^2 - CO)$$

» Cette condensation fournit un rendement qui ne dépasse pas 15 à 17 pour 100; de plus, il est fort difficile de débarrasser complètement le produit obtenu du zinc qu'il renferme. En même temps se forment d'ailleurs d'autres composés, non distillables sans décomposition, même dans le vide.

» L'éther lactonique constitue un liquide huileux, plus dense que l'eau, bouillant à 162°-165° sous 19^{mm}; $D_{9^\circ}^{9^\circ} = 1,1334$. Il possède bien la formule lactonique et ne renferme pas d'oxbydryle libre, car il ne réagit pas sur le chlorure d'acétyle. La saponification par les alcalis le décompose complètement en acides lévulique et isobutyrique. Pour obtenir l'acide lactonique correspondant, la saponification doit être effectuée au moyen de l'acide chlorhydrique étendu. Même dans ces conditions, d'ailleurs, on ne peut pas éviter une autre décomposition, partielle, due à l'instabilité de l'acide;



celui-ci perd une molécule d'anhydride carbonique et se transforme en lactone.

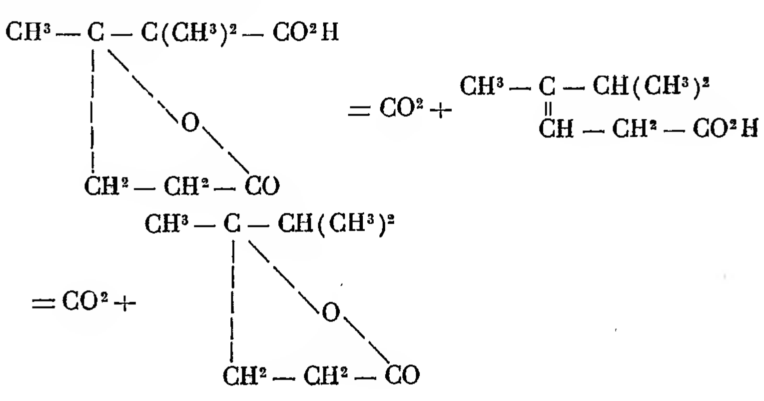
» L'acide lactonique :

$$CH^3 - C - C(CH^3)^2 - CO^2H$$
$$\qquad | \quad \searrow O \searrow$$
$$CH^2 - CH^2 - CO$$

cristallise en beaux prismes fusibles à 108°-109°. Il est peu soluble dans l'eau, l'alcool et l'éther, mais plus soluble dans le chloroforme; l'alcool méthylique convient particulièrement bien pour le faire recristalliser. Cet acide présente une résistance remarquable à l'éthérification; lorsqu'on sature sa solution alcoolique d'acide chlorhydrique ou qu'on la fait bouillir, après addition d'acide sulfurique, on n'obtient que des traces d'un éther qui ne correspond d'ailleurs pas à l'acide lui-même, mais à un acide non saturé qui résulte de sa décomposition. On ne peut obtenir l'éther de l'acide lactonique qu'en transformant celui-ci en sel de sodium qu'on chauffe avec de l'iodure d'éthyle, en solution alcoolique; on opère en tube scellé et au bain-marie. L'éther éthylique qui se forme dans ces conditions constitue un liquide peu odorant, bouillant à 287°-289° sous la pression atmosphérique, sans altération sensible.

» L'acide lactonique fournit un sel de plomb très peu soluble dans l'eau froide d'où il cristallise en belles aiguilles.

» Cet acide est très peu stable; chauffé seul, il commence à se décomposer vers 175°. Cette décomposition consiste en un dégagement d'anhydride carbonique et l'on obtient simultanément un acide non saturé et une lactone isomère avec celui-ci



» La lactone constitue un liquide insoluble dans l'eau, mais soluble dans les liqueurs alcalines, à l'ébullition. Elle possède une odeur légèrement camphrée et bout à 234°-236°.

» L'acide non saturé est également liquide ; il bout à 235°-237°. Cet acide fournit aisément un éther éthylique qui bout à 203°-204° et possède une odeur agréable rappelant celle de l'acétate d'amyle. L'acide non saturé fixe énergiquement le brome; en solution sulfocarbonique, on obtient un dibromure cristallisant dans le benzène en petites lamelles brillantes qui fondent à 141°-142° avec décomposition. L'acide bromhydrique en solution aqueuse saturée fournit de même un bromhydrate cristallisé. L'acide bromhydrique, à l'ébullition, transforme l'acide non saturé en la lactone isomère.

» La réduction de l'acide lactonique par l'acide iodhydrique bouillant à 127° et le phosphore ne fournit pas de résultat; l'acide lactonique se décompose en effet dans ces conditions et perd une molécule d'anhydride carbonique.

» La faible acidité de l'acide triméthyladipolactonique montre combien la forme de la chaîne carbonée et le poids de la molécule influent sur l'énergie du carboxyle; la non-éthérification d'un composé par l'alcool en présence des acides minéraux ne saurait être considérée comme démontrant l'absence de carboxyle dans ce composé. »

CHIMIE ORGANIQUE. — *Réaction du chlorure d'amyle sur le carbure de calcium.* Note de M. **P. Lefebvre**, présentée par M. Troost.

« Dans des recherches actuellement en cours j'ai été conduit à faire passer de la vapeur de chlorure d'amyle sur du carbure de calcium chauffé au rouge naissant. Mes recherches ont été de deux sortes. Dans les unes, j'ai surtout cherché à recueillir les produits liquides de la réaction; dans les autres, j'ai fait des mesures relatives à la nature des phénomènes qui se passent.

» Les produits liquides obtenus soumis à la distillation fractionnée se sont nettement séparés en produits non chlorés bouillant au-dessous de 45° et produits chlorés bouillant au-dessus de 75°.

» Pour les premiers, la densité de vapeur 2,53 et la densité du liquide 0,676 à 0° sont voisines de celles des amylènes. J'en ai tiré presque exclusivement deux fractions bouillant sensiblement à points fixes 31°-32° et

35°-37° et que j'ai analysées.

	Fractions 31°-32°.	Fractions 35°-37°.	Calculé pour C^5H^{10}.
Carbone	85,5	85,9	85,7
Hydrogène	14,2	14,2	14,3

» On a donc là un mélange de deux amylènes dans les proportions de 1 ou 2 à peu près.

» La fraction 31°-32° a pour densité de vapeur 2,48; la densité du liquide à 0° est 0,673.

» La fraction 37°-39° a pour densité de vapeur 2,59; la densité du liquide à 0° est 0,679.

» Ces constantes semblent nettement indiquer le méthyl$_2$-butène$_1$ (α-méthyléthyléthylène) et le méthyl$_2$-butène$_2$ (triméthyléthylène).

» Les produits chlorés ont pour densité, à 0°, à l'état liquide 0,883; la densité de vapeur est 3,65; constantes voisines de celles des chlorures d'amyle. Je me suis assuré qu'ils ne renfermaient pas de benzine. Leur séparation est difficile.

» J'ai analysé les parties principales 84°-89° et 89°-94°.

» Les produits chlorés sont un mélange de chlorures d'amyle :

» La fraction 84°-89° de densité à 0° égale à 0,880 est du chlorure d'amyle tertiaire. La fraction 89°-94° de densité 0,884 doit être le chlorure d'amyle secondaire, qui correspond à l'isopropylène. Les fractions supérieures ne diffèrent pas du chlorure d'amyle employé.

» Pour préciser ce qui a dû se passer, j'ai eu recours à une expérience quantitative. J'ai opéré dans un tube à analyse organique, le chlorure d'amyle et le carbure de calcium étant placés dans le tube même; les liquides étaient condensés par un mélange réfrigérant, les gaz dégagés sur la cuve à mercure.

» 5^{gr},53 de chlorure d'amyle en vapeur ont passé sur 30^{gr} de carbure de calcium (pulvérisé et calciné) à la température du rouge naissant. Le poids du solide a augmenté de 1^{gr},075; il a été recueilli 3^{gr},95 de liquide et 446^{cc} de gaz (ramenés à 0° et 76^{cm}).

» Le résidu, d'apparence un peu charbonneuse, traité par l'eau a donné 390^{cc} de gaz de moins que 30^{gr} de carbure pulvérisé en même temps. Un dosage comparatif de chlore a donné 5^{gr},101 de chlorure d'argent pour le chlore entré en réaction, ce qui correspond à la décomposition de 3^{gr},79 de chlorure d'amyle.

» Le liquide obtenu a une force élastique maxima de 9^{cm} à la température du mélange réfrigérant.

» L'analyse des gaz obtenus, faite au moyen des absorbants ordinaires, donne :

	Centimètres cubes.	Pour 100.	Pour 100 (Az déduit).
Acétylène	120,8	20,5	27,0
Éthylène	48,5	8,2	10,8
Autres carbures éthyléniques.	81,7	13,8	18,3
Hydrogène	195	33,0	43,9
Azote (introduit)	144	24,4	»
	446 + 144	99,9	100,0

» Je me suis assuré de l'absence de carbures acétyléniques par différents moyens; en particulier, l'action successive du chlorure cuivreux ammoniacal et de l'acide sulfurique concentré donne les mêmes résultats, quel que soit l'ordre des opérations. Il n'y a que des traces (?) de carbures saturés. Les gaz recueillis doivent contenir une petite quantité de chlorure d'amyle; les vapeurs de ce corps tendent à rendre un peu trop forte l'absorption par l'acide sulfurique surtout; d'ailleurs, il y en a très peu.

» La formation simultanée de chlorure de calcium, amylène et acétylène, semble le phénomène fondamental. Elle s'interprète naturellement par la réaction [1]

$$C^2Ca + 2C^5H^{11}Cl = C^2H^2 + 2C^5H^{10} + CaCl^2.$$

» D'après le dosage du chlore dans le résidu solide, il y a eu destruction de $3^{gr},79$ de chlorure d'amyle; il s'ensuivrait corrélativement la formation de 397^{cc} d'acétylène, de $2^{gr},49$ d'amylène et une augmentation de poids de $0^{gr},83$ du sel de calcium.

» Le premier résultat est d'accord avec la différence des productions d'acétylène trouvées pour le carbure résidu et le carbure neuf (390^{cc}).

» Le deuxième résultat *peut* s'interpréter en supposant que les carbures éthyléniques sont uniquement des amylènes.

» Si l'on remarque qu'on ne retrouve que 121^{cc} d'acétylène au lieu de 397^{cc} et qu'il s'est formé de l'hydrogène et de l'éthylène, on conclura qu'une partie de l'acétylène s'est transformée en charbon et hydrogène; une autre partie a dû s'unir à de l'hydrogène pour donner l'éthylène. Les 276^{cc}

---

(1) Le chlorure d'amyle étant sans doute partiellement dissocié.

manquant auraient alors été transformés en 195^{cc} d'hydrogène, $40^{cc},5$ d'éthylène et $0^{gr},252$ de charbon.

» La formation de $0^{gr},252$ de charbon et l'augmentation de poids due à la transformation du carbure de calcium en chlorure ($0^{gr},83$) donnent en tout $1^{gr},082$ au lieu de $1^{gr},075$ observé; l'accord est satisfaisant.

» Mais il manque 8^{cc} d'éthylène, et cette proportion semble trop forte pour être mise sur le compte des erreurs d'expérience. Je crois qu'on doit l'expliquer par un commencement de décomposition de l'amylène en éthylène et propylène, décomposition très nette à une température supérieure (1) (rouge sombre). Dans cette décomposition, en effet, l'amylène en vapeur est remplacé par un égal volume de propylène; l'absorption par l'acide sulfurique n'est pas changée. Tous les résultats précédents subsisteront, mais on aura plus d'éthylène. L'explication des phénomènes est complète en supposant l'existence dans le gaz recueilli de 8^{cc} de propylène (soit 1,3 pour 100), et 12,5 pour 100 de vapeur d'amylène.

» Cette supposition trouve une vérification dans ce fait que la force élastique maxima du liquide recueilli ne dépasse pas 9^{cm} dans le mélange réfrigérant, ce qui correspond, à 0°, à 12,5 pour 100 presque exactement. D'un autre côté, dans une expérience faite à température plus élevée, j'ai pu constater la formation de 7 pour 100 de propylène. Enfin, en faisant agir sur le brome des quantités notables de gaz résultant de l'action du chlorure d'amyle sur le carbure de calcium, j'ai pu séparer par distillation fractionnée une petite quantité de liquide bouillant à 135°, comme le mélange de bromures d'éthylène et de propylène. »

PHYSIOLOGIE. — *Les ganglions nerveux des racines postérieures appartiennent au système du grand sympathique.* Note de M. **Nicolas-Alberto Barbieri.**

« Chez les mammifères (chats, chiens, lapins, cobayes) les cellules des ganglions spinaux, décrites comme unipolaires ou bipolaires, selon la méthode choisie et les chances de l'observateur, ne contractent aucune relation avec les tubes nerveux des racines postérieures.

» La manière dont ces cellules sont groupées empêche de les considérer comme multipolaires. Ces cellules peuvent être altérées ou dissoutes

(1) *Cf.* Wurtz, *Ann. de Chimie et de Physique*, 3e série, t. II, p. 89.

(substances chimiques) sans que la forme, le contour, la continuité même des tubes nerveux des racines postérieures soient altérés.

» Chaque ganglion spinal contient de deux cents à cinq cents cellules, tandis que le nombre des tubes nerveux des racines postérieures, qui traversent le même ganglion, est de mille à trois mille. Ce nombre est, en général, le double de celui des tubes nerveux qu'on rencontre dans les racines antérieures correspondantes (de 500 à 1500). Tous les nerfs d'origine spinale ont un plus grand nombre de tubes nerveux formés par les racines postérieures que de tubes nerveux formés par les racines antérieures.

» On est surpris, lorsqu'on compte les tubes nerveux des racines postérieures, de trouver à plusieurs reprises, à côté de ces tubes, d'autres tubes d'un diamètre plus petit, enveloppés d'une gaine conjonctive plus mince dont le contenu est moins granuleux, plus transparent, presque limpide. Si alors on détache avec soin d'un segment de la moelle épinière les racines antérieures et postérieures, avec les ganglions et les rameaux communicants du sympathique, on peut s'assurer que les deux cents ou cinq cents petits tubes du sympathique (rameaux communicants) se divisent en deux branches presqu'au bord inférieur du ganglion spinal. Ces branches pénètrent dans le ganglion. Les petits tubes du sympathique, après avoir contracté une relation intime avec les cellules ganglionnaires, se réunissent entre eux d'une manière qui n'est ni constante ni précise, s'intercalent, de temps à autre, entre les tubes nerveux des racines postérieures, et aboutissent à la cellule nerveuse par le sillon collatéral postérieur. On trouve ces mêmes petits tubes du sympathique parmi les racines d'émergence de tel ou tel autre nerf cranien, comme on pourra le voir dans un exposé détaillé de la méthode.

» L'origine médullaire et encéphalique du sympathique se trouve ainsi établie. Les cellules des ganglions spinaux sont les cellules du sympathique (rameaux communicants).

» La somme des tubes nerveux de toutes les racines des nerfs spinaux est, par exemple, chez le lapin d'environ soixante-dix mille. Ce nombre est trop petit pour être mis en rapport avec les différents tissus de l'animal; il est, au contraire, trop grand pour être mis en rapport avec la surface de section du collet du bulbe.

» Les racines postérieures naissent du sillon collatéral postérieur par de petites barbes. Chaque barbe contient un certain nombre de tubes nerveux; plusieurs barbes forment une racine; plusieurs racines, à leur tour,

forment un faisceau nerveux ou nerf radiculaire. On trouve sur le bord supérieur de chaque ganglion spinal deux ou trois nerfs radiculaires qui sont séparés entre eux par la dure-mère spinale. Les racines postérieures pénètrent dans le ganglion à l'état de nerf, c'est-à-dire largement pourvues de tissu conjonctif.

» Les racines antérieures (qui naissent du sillon collatéral ventral) ont une origine analogue : elles se réunissent en dehors et au-dessous du ganglion avec les nerfs radiculaires postérieurs pour former le nerf mixte périphérique ou protonerf.

» Le nerf mixte périphérique (protonerf) de chaque paire de nerfs spinaux, après avoir donné naissance au petit rameau méningé, se divise en deux branches, l'une antérieure, en général volumineuse, l'autre postérieure, grêle.

» Il semble que les racines antérieures dans un point plus ou moins éloigné du bord inférieur de chaque ganglion spinal se bifurquent en deux faisceaux inégaux, grand et petit. Le grand faisceau passe à travers un écartement des nerfs radiculaires postérieurs, s'accole à un petit faisceau donné par les racines postérieures et forme la branche grêle ou postérieure du nerf mixte périphérique (protonerf). Le petit faisceau, uni à tout le reste des tubes nerveux des racines postérieures, constitue la branche volumineuse ou antérieure du nerf mixte périphérique (protonerf). »

M. **A. Seyewetz** adresse une Note « Sur la composition des précipités obtenus par réaction des colorants basiques sur les matières colorantes acides et la sensibilité de ces réactions ».

M. **F. Bouffe** adresse les résultats de ses recherches sur le psoriasis.

MM. **Ducretet** et **Popoff** adressent, à propos d'une Note de M. *Thomas Tommasina* du 2 avril, une réclamation de priorité relative à l'application directe du téléphone à la réception des signaux de la télégraphie sans fil.

Ils ajoutent que le procédé présenté par M. Tommasina est décrit dans un brevet qu'ils ont pris en France le 22 janvier dernier.

La séance est levée à 4 heures.

M. B.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS DANS LA SÉANCE DU 19 MARS 1900.

(*Suite.*)

Centralbureau der internationalen Erdmessung. Bericht über den Stand der Erforschung der Breitenvariation am Schlusse des Jahrers 1899, von TH. ALBRECHT. Berlin, 1900.

Die chemische Industrie und die ihr verwandten Gebiete am Ende des 19. *Jahrhunderts.* (Separat-Abdruck aus der *Chemiker-Zeitung*). Cöthen (Anhalt), 1900; 1 fasc. in-8°. (Hommage du Dr G. Krause.)

Observatorio de Manila, dirigido por los Padres de la Compania de Jesus. Tifones del Archipielago Filipino y mares circunvecinos 1895 *y* 1896, *estudio de los mismos,* por el P. JUAN DOYLE, S. J. Manila, 1899; 1 fasc. gr. in-8°. (Envoi de M. le Ministre de l'Instruction publique.)

Boletin del instituto geologico de Mexico. El Real del Monte, por EZEQUIEL ORDONEZ y MANUEL RANGEL. Mexico, 1899; 1 fasc. in-4°.

Ministerio de Fomento. Direccion general de estadistica a cargo del Dr ANTONIO PENAFIEL : *Censo de los estados de Campeche, Colima, Chiapas, Gerrero, Morelos y territoris de Tepic y Baja California, verificado el* 20 *de octubre de* 1895. Mexico, 1899; 7 fasc. gr. in-8°.

Bulletin de l'Académie royale de Médecine de Belgique; IVe série, t. XIV, n° 1, année 1900. Bruxelles; 1 fasc. in-8°.

Bulletin international de l'Académie des Sciences de Cracovie. Comptes rendus des séances de l'année 1900. Janvier. Cracovie; 1 fasc. in-8°.

Actas de la Sociedad espanola de Historia natural; enero y febrero de 1900. Madrid; 1 fasc. in-8°.

Societa reale di Napoli. Atti della reale Accademia di Archeologia, lettere e belle arti; Vol. XX, 1898-99. Napoli, 1899; 1 vol. in-4°.

Transactions of the american mathematical Society. Vol. I, numb. 1, January 1900. Lancaster, Pa., and New York; 1 fasc. in-4°.

Official copy. Summary of the observations made at the stations included in the daily and weekly weather reports for the calendar month. January 1900. Issued by the Meteorological Office, London; 1 feuille double, in-4°.

Memoirs of the geological Survey of India. Palaeontologia indica; ser. XV :

Himalayan fossils, vol. I, part. 2; vol. II, title page, contents and appendix; new series : Vol. I, 1, 2. Calcutta, 1899; 4 fasc. in-4°.

OUVRAGES REÇUS DANS LA SÉANCE DU 26 MARS 1900.

Les éclipses du vingtième siècle visibles à Paris, par M. CAMILLE FLAMMARION. Paris, s. d.; 1 fasc. in-8°.

Précis historique, descriptif, analytique et photomicrographique des végétaux propres à la fabrication de la cellulose et du papier, avec 50 planches en photocollographie, par MM. LÉON ROSTAING, MARCEL ROSTAING et FLEURY PERCIE DU SERT. Paris, H. Everling; 1 vol. gr. in-8°. (Présenté par M. G. Lemoine. Hommage de l'Auteur.)

Bulletin mensuel du Bureau central météorologique de France, publié par M. E. MASCART; année 1900, n° 1, janvier. Paris, Gauthier-Villars; 1 fasc. in-4°.

Mémoires de la Société nationale d'Agriculture, Sciences et Arts d'Angers; 5e série, t. II, année 1899. Angers, 1900; 1 vol. in-8°.

Accademia reale delle Scienze di Torino (anno 1899-1900). *Eugenio Beltrami : Commemorazione letta il* 25 *febbrario* 1900 *alla classe di Scienze fisiche, matematiche e naturali,* dal socio ENRICO d'OVIDIO. Torino, Carlo Clausen, 1900; 1 fasc. in-8°.

Discours prononcé au vingt-cinquième anniversaire de la Société géologique de Belgique sur les progrès réalisés en Géologie de 1874 *à* 1898, par M. LOHEST. Liége, 1899; 1 fasc. in-4°.

Stratigraphie du massif cambrien de Stavelot, par M. LOHEST et H. FORIR. Liége, imp. H. Vaillant-Carmanne, 1899-1900; 1 fasc. in-4°.

Les coquilles du limon, par G. DEWALQUE, J. CORNET, C. MALAISE, M. LOHEST et H. FORIR. Liége, 1899; 1 fasc. in-8°.

Publications de M. MAX. LOHEST. Liége, H. Poncelet, 1900; 1 fasc. in-8°.

Publications de M. HENRI FORIR. Liége, H. Poncelet, 1900; 1 fasc. in-8°.

Plantes de la Macédoine appartenant au vilayet de Monastir, recueillies par MICHEL DIMONIÉ, étudiées, déterminées et classées par le Dr D. GRECESCU. Bucarest, 1899; 1 fasc. in-8°.

Laboratoriul de Botanicà medicala din Bucuresci. Plantele indigene din Romániea alese in 1898-1899. Bucuresci, 1899-1900; 2 fasc. in-8°.

The bowsher tellurian for common schools, high schools, institutes and universities. Champaign, Illinois, s. d.; 1 opuscule in-16.

Proceedings of the American Academy of Arts and Sciences. Vol. XXXV, n° 12, January 1900; 1 fasc. in-8°.

Memoirs of the geological Survey of India. Vol. XXVIII, part I. Calcutta, 1898; 1 fasc. in-8°.

ERRATA.

(Séance du 2 avril 1900.)

Note de M. *C. Phisalix*, Sur un nouveau microbe pathogène, etc. :

Page 950, ligne 19, *au lieu de* et c'est ce système, *lisez* et c'est ce symptôme.

Page 953, ligne 15, *au lieu de* dans la vessie d'un chien, *lisez* dans la veine d'un chien.

COMPTES RENDUS

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU MARDI 17 AVRIL 1900,

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE LÉVY.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

THERMOCHIMIE. — *Sur la chaleur de combustion de quelques liquides très volatils;* par MM. **Berthelot** et **Delépine**.

« La combustion des corps combustibles, et spécialement celle des composés organiques, s'effectue avec facilité et précision dans la bombe calorimétrique, au moyen de l'oxygène comprimé à 25 atmosphères. Toutefois la combustion des corps très volatils exige des précautions particulières, si l'on veut en éviter soit la vaporisation partielle dans la bombe, soit l'oxydation commençante, circonstances qui tendent à fausser les mesures calorimétriques.

» Dans le *Traité pratique de Calorimétrie chimique* de l'un de nous, il est décrit (p. 160) un artifice destiné à éviter ces difficultés, et fondé sur l'emploi d'une sorte d'ampoule à parois mixtes, le fond en platine, la

partie supérieure constituée par une pellicule de collodion. Cet artifice n'est pas toujours suffisant, en raison de l'action dissolvante exercée par un certain nombre de vapeurs sur le collodion. De là la nécessité de recourir à d'autres procédés. L'emploi d'une ampoule de verre scellée à la lampe était tout indiqué. Mais la difficulté consiste à rompre cette ampoule au moment même où l'on effectue l'inflammation.

» Dès l'origine, l'un de nous avait eu recours à cet effet à l'incandescence électrique d'un fil métallique entourant l'ampoule. Ce tour de main réussit en effet souvent; mais il comporte de nombreux ratés qui en rendent la mise en œuvre pénible, surtout si l'on veut donner à l'incandescence une durée assez courte pour que la source de chaleur étrangère ainsi introduite dans la bombe produise des effets négligeables.

» Nous avons repris la question dans ces derniers temps sous une autre forme plus pratique et plus exacte, qui consiste à faire éclater l'ampoule par l'application d'une petite quantité de combustible, très exactement pesée et dont la valeur calorimétrique soit exactement connue. A cet effet une ampoule de verre, qui ne doit pas être trop mince, est pesée, puis remplie aussi exactement que possible (sauf sa pointe) avec le liquide volatil; on la scelle à la lampe et l'on détermine le poids du liquide intérieur, dont la quantité sera voisine de 1^{gr} pour la plupart des corps mis en expérience. On met l'ampoule en place dans la bombe et l'on dépose à côté une petite quantité ($0^{gr},03$ à $0^{gr},04$) de camphre, exactement pesée, avec une mèche de coton-poudre ($0^{gr},02$ environ), en contact elle-même avec un fil de platine. On ferme la bombe, on comprime l'oxygène; on place l'appareil dans le calorimètre et l'on étudie la marche du thermomètre. Cela fait on porte le fil de platine à l'incandescence, à l'aide d'un courant électrique. On entend aussitôt l'explosion de l'ampoule et la combustion se produit au même moment, comme à l'ordinaire. Il est bon de s'assurer, par un essai préalable fait à blanc, que l'ampoule scellée ne sera pas écrasée par une pression de 25 atmosphères.

» Ce procédé peut être appliqué pour les liquides les plus volatils, ainsi que pour les gaz liquéfiés, qu'il est facile d'enfermer dans des ampoules convenablement refroidies. Nous allons donner quelques chiffres obtenus par cette voie, avec des corps que diverses observations nous avaient engagés à soumettre à un nouvel examen.

I. Aldéhyde éthylique : $C^2H^4O = 44$, liquide. — Très pur.

» Trois déterminations, soit pour 1^{gr} : $6340^{cal},3$; $6327^{cal},1$; $6346^{cal},0$.

		Cal
Chaleur de combustion moléculaire à volume constant.....		278,86
» à pression constante...		279,16
Formation par les éléments (¹)	$+ 47^{Cal},45$ liquide	$+ 41,45$ gaz.
»	$+ 51^{Cal},0$ dissous	

» Ces chiffres s'écartent notablement des valeurs $+ 57^{Cal},1$ et $+ 51^{Cal},1$ précédemment données, d'après des expériences exécutées sur la détonation d'un mélange d'oxygène et d'aldéhyde gazeux.

» L'écart est attribuable à une cause d'erreur inaperçue, l'oxydation lente que ce dernier mélange éprouve, pendant l'intervalle qui sépare le remplissage de la bombe de la combustion. Cette dernière change tout en acide carbonique et en eau; mais la portion d'aldéhyde partiellement oxydée au préalable a dégagé une quantité de chaleur notable et qui a été perdue pour les mesures.

» On tire de là :

1° { C^2H^4 gaz + O gaz = C^2H^4O gaz .... $+ 56^{Cal}$
C^2H^4O gaz + O gaz = $C^2H^4O^2$ gaz (condensation normale)....... $+ 65^{Cal},8$

Valeurs croissantes avec le caractère acide.

2° C^2H^4O diss. + O gaz = $C^2H^4O^2$ dissous .... $+ 66^{Cal},5$

Valeur voisine de la précédente pour des états correspondants.

3° { C^2H^4O liq. + O gaz = $C^2H^4O^2$ liquide .... $+ 69^{Cal},8$
Valeur comparable à
$C^5H^{10}O$ liq. + O gaz = $C^5H^{10}O^2$ liquide .... $+ 68^{Cal},2$

Valeurs voisines pour les homologues sous le même état physique.

» De même :

C^7H^6O liq. + O gaz = $C^7H^6O^2$ liquide .... $+ 65^{Cal},5$

4° { C^2H^4O liq. + O gaz = $C^2H^4O^2$ cristallisé .... $+ 72^{Cal},25$
Valeur comparable à
C^7H^6O liq. + O gaz = $C^7H^6O^2$ cristallisé .... $+ 68^{Cal},8$

(¹) C, diamant; H, gaz; O, gaz.

II. MÉTHYLAL : $CH^2\langle{}^{OCH^3}_{OCH^3} = 76$.

» Purifié avec soin et exempt d'éther méthylformique, corps qu'il est sujet à renfermer.

» 3 déterminations.

Chaleur de combustion moléculaire à volume constant.......... $461^{Cal},9$
» à pression constante........ $462^{Cal},5$
Formation par les éléments, $+96,4$ liq.

III. FORMIATE DE MÉTHYLE : $CHO^2.CH^3 = 60$ liq.

» 3 combustions.

Chaleur de combustion à volume constant et à pression constante.. $+233^{Cal},2$
Formation par les éléments, $+93,4$ liq.; $+86,5$ gaz.
» $+94,5$ dissous.

IV. FORMIATE D'ÉTHYLE : $C^2H^3O^2.CH^3 = 74$ liq.

» 2 combustions.

Chaleur de combustion à volume constant...................... $391^{Cal},4$
» à pression constante................... $391^{Cal},7$
Chaleur de formation par les éléments, $+98,2$ liquide; $+90,8$ gaz.
» $+100,3$ dissous.

V. ALDÉHYDE PROPYLIQUE : $C^3H^6O = 58$; liquide.

» Ce corps est difficile à purifier complètement.

» Un produit aussi pur que possible a fourni :

Chaleur de combustion moléculaire à volume constant... $433^{Cal},8$
» à pression constante.. $434,35$
Chaleur de formation............................ $+55^{Cal},55$

» Ce chiffre surpasse de $8^{Cal},1$ la chaleur de formation de son homologue inférieur, l'aldéhyde éthylique.

» On a encore

$$C^3H^6O \text{ liq.} + O = C^3H^6O^2 \text{ liq. dégage } + 66,9$$

VI. Aldéhyde isopropylique (Acétone) : $C^3H^6O = 58$; liquide.

» 3 combustions :

Chaleur de combustion à volume constant		426,3
»	à pression constante	426,9
Chaleur de formation	$+63^{Cal}$ liquide; + 55,5 gaz	
»	+ 65,5 dissous.	

» Ce chiffre surpasse de $7^{Cal},5$ celui de l'aldéhyde propylique normal, corps isomérique.

» Le troisième isomère, l'alcool allylique, répond, d'après M. Louguinine, à $+47^{Cal},2$ liquide. La chaleur de formation va croissant de l'alcool à l'aldéhyde isomère.

» Cette relation est d'ailleurs inverse de celle des points d'ébullition : alcool allylique, 95°,6; acétone, 56°; aldéhyde propylique, 49°. On voit qu'on ne saurait conclure en général des points d'ébullition aux chaleurs de formation.

» Si l'on compare la formation des alcools par les aldéhydes correspondants, on a des nombres voisins :

		Cal
Alcool éthylique	C^2H^4O liq. + $H^2 = C^2H^6O$ liq.	+22,4
Alcool propylique	C^3H^6O liq. + $H^2 = C^3H^8O$ liq. (normal)	+23,0
Alcool isopropylique	C^3H^6O liq. + $H^2 = C^3H^8O$ liq. (iso)	+17,6
Alcool benzylique	C^7H^6O liq. + $H^2 = C^7H^8O$ liq.	+15,4
Alcool campholique	$C^{10}H^{16}O$ solide + $H^2 = C^{10}H^{18}O$ sol.	+16,7

PHYSIQUE. — *Exploseur rotatif et dispositifs divers pour la production de puissants courants à haute fréquence.* Note de M. d'Arsonval.

« La production d'effets électriques puissants pour la décoration de la façade du Palais de l'Électricité à l'Exposition de 1900 m'a amené à réaliser les différents dispositifs que je vais décrire brièvement à l'Académie.

» Il s'agissait d'avoir des étincelles très lumineuses, très bruyantes, mais courtes d'une part, et, d'autre part, des étincelles remplissant les mêmes conditions que ci-dessus, mais beaucoup plus longues.

» J'ai utilisé pour atteindre le résultat la décharge de puissants condensateurs chargés par des transformateurs à haut potentiel animés par des

alternateurs, comme je l'avais fait antérieurement pour d'autres recherches (¹).

» Je décrirai successivement les diverses parties de l'appareil : transformateur, condensateur, exploseur, bobine de transformation.

» I. *Transformateur.* — Il est du type Labour à circuit magnétique fermé. Il peut absorber jusqu'à 30 kilowatts, actionné par un courant alternatif à 42 périodes et à 110 ou à 55 volts à volonté, suivant le couplage des circuits à gros fil. Les circuits à haut potentiel peuvent être couplés de façon à aller industriellement jusqu'à 90000 volts et au delà pour des expériences de courte durée.

» Pour avoir un bon isolement des circuits, j'avais demandé au constructeur de plonger le transformateur dans une caisse en fonte munie d'un couvercle hermétique, de façon à pouvoir faire le vide dans l'appareil. Cela fait, et l'air ainsi que l'humidité ayant été expulsés, je comptais noyer l'appareil dans l'huile épaisse de vaseline pour avoir un isolement parfait. L'expérience a prouvé que cette précaution était inutile et que la paraffine solide suffisait.

» II. *Condensateur.* — Le condensateur a été plus difficile à réaliser. Le verre, même sous une épaisseur de 5^{mm}, était rapidement percé et parfois pulvérisé au moment de la production des courants à haute fréquence.

» L'ébonite, le celluloïd, le papier du Japon paraffiné ou arcansoné, n'ont pas mieux résisté. J'ai obtenu toute satisfaction, au contraire, avec des plaques de micanite que m'a obligeamment préparées M. Avtsine.

» Le condensateur se compose donc actuellement de plaques de micanite ayant 2^{mm} d'épaisseur, 365^{mm} de longueur et 285^{mm} de largeur.

» Ces plaques sont obtenues en collant à chaud, avec de la gomme laque et sous une forte pression, des lames très minces de mica. On obtient de la sorte un diélectrique extrêmement solide qui sonne comme une plaque de métal, ainsi que vous pouvez l'entendre.

» Les armatures sont constituées par des plaques rectangulaires de ferblanc très mince, découpées de façon à laisser déborder d'environ 5^{cm} de chaque côté la plaque de mica; elles présentent de plus, d'un seul côté, un prolongement qui leur permet de déborder la plaque de mica de 7^{cm} à 8^{cm}.

(¹) Voir d'Arsonval, *Société internationale des Électriciens*, séance du 7 avril 1897.

» J'ai dû renoncer à l'étain et à toute feuille collée par un moyen quelconque sur le mica.

» Pour former un condensateur on superpose alternativement une plaque de mica et une feuille de fer-blanc dont on tourne la queue tantôt à droite tantôt à gauche de la plaque isolante.

» Je monte habituellement ensemble vingt plaques de mica. La surface des armatures est ainsi d'environ 1^{mq} et la capacité du système sensiblement de un centième de microfarad.

» Les armatures de gauche sont réunies par une simple presse à pile, on fait de même pour celles de droite, puis on serre fortement le tout avec des sangles en toile à boucles.

» Je plonge alors verticalement l'ensemble dans une cuve carrée en verre de dimensions appropriées (le n° 7 de Saint-Gobain) que je remplis de pétrole lampant ordinaire. La cuve en verre n° 7 reçoit deux condensateurs semblables qui pourront à volonté être reliés en cascade ou en surface suivant les circonstances. Le pétrole lampant constitue un excellent isolant qui est assez fluide pour permettre à l'air interposé entre les feuilles de se dégager facilement.

» Le condensateur ainsi constitué se comporte admirablement; il n'y a pas d'échauffement parce qu'il n'y a aucune substance électrolysable, et la gomme laque est tout à fait insoluble dans le pétrole. Les pertes sont nulles par décharges ou effluves latérales qui ne peuvent se produire dans le pétrole qui recouvre complètement le condensateur.

» III. *Exploseur.* — On fait éclater l'étincelle de décharge du condensateur entre deux boules.

» En général, il se forme un arc continu que l'on souffle soit par un champ magnétique, soit par un jet d'air. Un troisième moyen d'empêcher l'arc consiste soit à couper le circuit à fil fin par un deuxième condensateur de capacité plus grande, soit à intercaler une forte bobine de self sur le circuit à basse tension du transformateur ainsi que je l'ai signalé antérieurement [1].

» Le soufflage par l'air est, pour les courants puissants, le plus avantageux parce qu'il refroidit en même temps les boules de l'exploseur et empêche leur détérioration rapide par l'étincelle. Il a l'inconvénient de nécessiter des appareils spéciaux et une assez grande dépense d'énergie. C'est pour parer à cette difficulté que j'ai imaginé l'exploseur rotatif.

---

[1] Voir D'ARSONVAL, *loco citato* et *Comptes rendus*, 6 juillet 1896.

» Cet appareil se compose de deux tiges métalliques terminées par des sphères, mobiles dans des bagues, à la façon d'une rotule, de manière à pouvoir utiliser tour à tour tous les points de la sphère pour faire jaillir l'étincelle.

» Ces tiges sont fixées chacune sur un palier métallique qui leur est perpendiculaire. Elles sont en regard de façon que les deux paliers se trouvent dans le prolongement l'un de l'autre. Les deux axes sont rendus solidaires par une traverse en ébonite. Un des paliers est relié à l'axe d'une petite dynamo par un manchon d'ébonite.

» En faisant tourner la dynamo l'ensemble des deux boules peut donc prendre un mouvement de rotation rapide. Les deux boules de l'exploseur décrivent ainsi dans l'air une circonférence dont le diamètre varie d'un appareil à l'autre de 30^{cm} à 2^{m} et plus.

» Ce dispositif produit un soufflage énergique entre les deux boules par leur simple déplacement dans l'air et avec une dépense insignifiante d'énergie (2 ou 3 kilogrammètres).

» Lorsque l'exploseur est en mouvement et qu'on fait jaillir l'étincelle, on assiste à un phénomène lumineux très intéressant.

» Comme la décharge est intermittente et qu'elle se produit entre deux sphères qui se déplacent rapidement, on sépare les décharges qui apparaissent sous forme d'un chapelet circulaire extrêmement lumineux et bruyant.

» On a les effets obtenus avec un miroir tournant, mais infiniment plus lumineux. Le bruit devient assourdissant et comparable à de violentes décharges de mousqueterie. On peut compter facilement le nombre des décharges principales et voir ainsi que le nombre des décharges données par le condensateur, durant une période, est proportionnel à l'intensité du courant qui traverse le transformateur, ainsi que je l'avais signalé antérieurement dans ma Communication du 7 avril 1897, à la Société des Électriciens, en employant le miroir tournant, mû par un moteur synchrone, pour analyser l'étincelle de décharge.

» Cette espèce de roue lumineuse paraît fixe dans l'espace ou se mouvoir tantôt à gauche, tantôt à droite, avec une vitesse qui dépend de la vitesse angulaire qu'on donne au système. On obtient de la sorte de très jolis effets qui réalisent les conditions voulues, car ils sont à la fois très lumineux et très bruyants.

» J'ai montré cet exploseur rotatif dans les conférences que j'ai faites sur les courants de haute fréquence : en février, à la Sorbonne, et en mars à la Société industrielle de Mulhouse.

» Cette étincelle peut atteindre 18^{cm} à 20^{cm} de longueur, en chargeant le condensateur à 50000 volts environ.

» On peut lui donner une longueur *apparente* beaucoup plus grande par la rotation, en disposant l'étincelle dans le plan du cercle décrit par l'exploseur. En réglant la vitessse de façon que les boules se déplacent entre deux décharges, juste de la longueur qui les sépare, on a un trait de feu continu. Comme on peut obtenir facilement 600 décharges par seconde, il est facile de comprendre qu'on peut voir, pendant $\frac{1}{10}$ de seconde, 60 étincelles juxtaposées qui donneront l'impression d'une étincelle unique de 12^{m} de longueur.

» IV. *Bobine de transformation.* — Pour obtenir ces longues étincelles, j'ai préféré ne pas avoir recours à cet artifice, et les obtenir réellement par un moyen plus honnête.

» J'ai utilisé pour cela un dispositif tout à fait analogue à celui décrit par Elihu Thomson.

» La bobine de transformation se compose de deux circuits concentriques noyés dans une cuve à huile. Le circuit inducteur, traversé par la décharge du condensateur soufflée au moyen de l'exploseur rotatif, se compose d'un tube de cuivre de 13^{mm} de diamètre extérieur et de 1^{mm} d'épaisseur. Il est roulé en serpentin présentant 12 spires. Il a 80^{cm} de longueur sur 50^{cm} de diamètre intérieur.

» Le circuit induit, concentrique et intérieur au circuit inducteur, se compose d'un cylindre d'ébonite de $0^{m},80$ de longueur sur $0^{m},38$ de diamètre. A sa surface extérieure, on a creusé au moyen du tour une hélice dont le pas a 2^{mm}. Dans cette rainure, on a enroulé un fil de cuivre nu de $\frac{5}{10}$ de millimètre faisant 400 tours.

» Le tout est plongé dans une grande cuve horizontale en madriers de sapin remplie d'huile de vaseline.

» Les extrémités du fil fin sortent à chaque extrémité de la cuve, à 1^{m} de distance l'un de l'autre à travers et au centre de deux gros tubes de verre verticaux de 1^{m} de longueur et de $0^{m},06$ de diamètre qui sont également remplis d'huile.

» Une bobine analogue, mais n'ayant que $0^{m},20$ de diamètre sur $0^{m},40$ de longueur, donne des étincelles qui atteignent $0^{m},80$ de longueur qui sont extrêmement brillantes et bruyantes avec l'aspect spécial à l'étincelle de haute fréquence : un volumineux faisceau de traits de feu très fins.

» On peut donner à cette étincelle une longueur cinq ou six fois plus grande en la faisant éclater sur des plaques de marbre recouvertes de

limailles métalliques (zinc de préférence). On a alors l'illusion de nombreux traits de foudre, très brillants, qui se ramifient dans tous les sens à la surface de la plaque.

» Je reviendrai ultérieurement sur les divers effets que l'on peut obtenir avec des décharges disruptives de cette puissance. »

PALÉONTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur les* Stigmaria. Note de M. **Grand'Eury.**

« Les plantes fossiles les plus caractéristiques du terrain houiller, et en même temps les plus répandues, sont sans contredit les *Stigmaria*, Br. Il y en a partout, dans toutes les roches : grès, schiste et houille même, du moins dans le terrain houiller productif, car dans les étages schisteux stériles de formation en eaux profondes du Gard, de Langeac, etc., leur absence est complète.

» On sait que, dans le terrain houiller moyen, ces tiges traçantes abondent au mur de toutes les couches de houille. A Waldenburg, au dire de Göppert, le charbon en renferme tellement que cet auteur lui a donné le nom de *Stigmarienkohle*. A Sarrebruck, d'après Goldenberg, les *Stigmaria* sont fréquents dans la houille. J'en ai vu en plus ou moins grand nombre dans les charbons de Kizell (Oural central), d'Oberhausen (Westphalie), de Rive-de-Gier, dans l'anthracite de La Mure, etc.

» Cependant de ce fossile, on connaît peu le mode de végétation, on ignore la station réelle, on discute l'attribution. MM. Dawson, Potonié, admettant que les *Stigmaria* sont les racines des *Sigillaria*, tirent de l'abondance des premiers au mur des couches et de la présence des Lépidophytes dans la houille, la conclusion que celle-ci s'est formée sur place par voie de tourbage. Lindley, Goldenberg ont soutenu que les *Stigmaria* sont des plantes indépendantes des *Sigillaria*, autrement dit autonomes. Je me rallie à cette dernière manière de voir, parce que, jusqu'à preuve du contraire, il m'est impossible de croire que ces plantes fossiles aient pu, suivant les cas, se développer, tantôt pour ainsi dire tout en rhizomes, tantôt presque tout en tiges.

» Ayant eu l'occasion d'observer les *Stigmaria* à une multitude d'endroits, et, comparativement, les racines (*Stigmariopsis*, Gr.) de plus de cent troncs debout de Sigillaires, j'ai constamment reconnu entre ces deux sortes de racines les caractères opposés suivants : les *Stigmaria* sont des rhizomes horizontaux cylindriques très longs, ramifiés par dichotomie dans

un même plan, aplatis, à cicatrices équidistantes sur une surface unie, tandis que les *Stigmariopsis* sont plongeants, courts tronconiques, ramifiés irrégulièrement dans plusieurs plans, remplis de limon, à cicatrices très inégalement espacées sur une surface ridée. Je n'ai pas encore vu de *Stigmariopsis* revêtir, en s'allongeant plus que de coutume, la forme normale des *Stigmaria*. Ceux-ci, d'un autre côté, lorsqu'on les peut suivre sur une assez grande longueur, n'aboutissent pas, en remontant vers leur point de départ, à des tiges de Sigillaires, mais à des espèces de disques mal conservés. A Matallana près de Léon, je les ai vus, sur de grands espaces, rayonner au nombre de trois à cinq de plusieurs bulbes aplatis, fermés de toute part, assez différents des dômes de Lindley, dômes qui, lorsque les racines sont décroissantes et peu étendues tout autour, pourraient bien n'être que des bases de tiges en voie d'accroissement. Quoi qu'il en soit, à Dombrowa (Pologne), à Teberga (Asturies), notamment, il y a énormément de *Stigmaria* sans tiges debout, et, inversement, à Saint-Étienne on trouve des argiles schisteuses remplies de *Stigmariopsis* ou racines de Sigillaires sans *Stigmaria*. Il n'y a d'ailleurs que des *Stigmaria* dans l'intérieur de la houille. sans *Stigmariopsis*.

» En raison de toutes ces différences, je puis envisager à part, dans la présente Note, les véritables *Stigmaria* qui, bien que cohabitant quelquefois avec les racines de Sigillaires, paraissent cependant bien avoir vécu généralement dans des eaux plus profondes, ou dont la profondeur n'était pas en tout cas limitée à la hauteur à laquelle les tiges fossiles enracinées pouvaient s'élever dans les eaux des marais houillers pour atteindre l'atmosphère.

» Or, d'après les recherches anatomiques de M. Renault, les *Stigmaria* sont des plantes aquatiques. C'était, je pense, des coureurs de marais ou de lacs marécageux, rampant au fond des eaux, et pénétrant par leurs extrémités dans le sous-sol que ces rhizomes ont tracé dans tous les sens. Du moment que les *Stigmaria* ne sont pas en rapport avec des tiges, ils n'ont pu physiologiquement végéter tout entier plongés dans la vase. Et de fait, lorsque ces tiges s'étendent couchées sur un ancien sol de végétation, fixées au-dessous, à ce sol, par des racines, elles portent au-dessus des appendices foliaires flexueux étalés latéralement, qui ont visiblement flotté dans l'eau. Si ceux-ci sont restés inconnus jusqu'à présent, c'est parce que, des *Stigmaria* rampants, il ne nous est parvenu le plus souvent que les racines implantées dans le sol. J'ai en même temps vérifié que, vers leur extrémité libre, ces rhizomes s'enfoncent peu à peu dans la roche qui nous les a alors préservés de la destruction.

» Toujours est-il que, sur toute leur longueur, les *Stigmaria* sont attachés au sol par des racines. Ce n'étaient donc pas des plantes nageantes ou flottantes, comme je l'ai cru autrefois, et comme le soutient M. O. Küntz. Sur leur cours rectiligne, ils n'offrent pas, en effet, les sinuosités, déformations et replis dont ils seraient inévitablement affectés quelque part s'ils étaient tombés au fond de l'eau, indépendamment que leurs racines, si elles ne s'étaient pas détachées, seraient emmêlées. On ne trouve, au reste, pour ainsi dire jamais de fragments de *Stigmaria* isolés parmi les tiges et les feuilles entraînées et déposées par les eaux dans les schistes, et cela ne se comprend que de rhizomes contenus dans le limon ou cramponnés à sa surface par des racines.

» Comme organes traçants et souterrains, les *Stigmaria* sont effectivement en possession de tous leurs appendices régulièrement disposés, quoique fort longs ($0^m,50$ à 2^m), peu consistants et comme articulés. Ces appendices ont pour caractère propre et distinctif d'être ramifiés par dichotomie comme les racines de Sélaginées. Ce mode de division, figuré pour la première fois par Artis en 1828, et que Goldenberg, le croyant destiné à la reproduction, a tenu pour rare, est, au contraire, très fréquent et répété. Dans les roches fines, j'ai vu les racines de *Stigmaria* se bifurquer, sous un angle variable de 50° à 150°, plusieurs fois de suite, jusqu'à ce que les branches, diminuant chaque fois d'épaisseur, ne soient plus perceptibles à l'œil nu. Par suite de cette division réitérée dans des plans différents, ces organes passant les uns entre les autres, forment un plexus inextricable de racines et de radicelles entrelacées, mettant hors de contestation la croissance sur place des *Stigmaria*, ce dont les naturalistes n'ont d'ailleurs jamais douté; mais on ne saurait trop le démontrer par de nouvelles considérations.

» Or, dans les roches homogènes, les racines, sous l'action du géotropisme, se sont souvent beaucoup plus allongées au-dessous que par côté et surtout qu'au-dessus des rhizomes. Cependant, dans certains schistes de La Mure, les racines latérales sont au contraire les plus longues, les racines supérieures et inférieures se sont recourbées pour prendre la direction des lames du schiste; mais cela est dû à ce que cette roche a opposé à la pénétration des racines plus de résistance dans le sens transversal que dans le sens longitudinal, et, dans les deux cas, l'inégalité de longueur des appendices des *Stigmaria* est une nouvelle preuve qu'ils ont poussé sur place.

» Dans la houille stratifiée de Rive-de-Gier, les *Stigmaria* se présentent à

peu près comme dans les schistes de La Mure, avec leurs racines ramenées par côté dans le plan des rhizomes; ceux-ci rampent aussi sur les nerfs plus ou moins charbonneux qu'ils encombrent de leurs racines; on en trouve pourvus de toutes leurs racines dans les veines de charbon terne, et, dans les trois positions, les *Stigmaria* en place ont manifestement contribué, quoique dans une très faible mesure, à la formation des couches de houille. »

CORRESPONDANCE.

La **Société physico-chimique russe** adresse, de Saint-Pétersbourg, l'expression de ses sentiments de profonde condoléance à l'occasion de la mort de M. *Joseph Bertrand*, Secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences.

ASTRONOMIE. — *Influence des perturbations périodiques du demi-grand axe sur la valeur du moyen mouvement déduite des observations d'une planète. Correction correspondante de la valeur primitivement adoptée du demi-grand axe.* Note de M. **A. Gaillot**, présentée par M. Lœwy.

« Pour toute planète, supposée soumise à la seule action du Soleil, le demi-grand axe a est lié au moyen mouvement n et à la masse m par la relation

$$a^3 n^2 = f(1+m).$$

» Cette relation subsiste encore dans le cas du mouvement troublé, et si l'on désigne par δa et δn l'ensemble des perturbations de a et de n, dues à l'action d'une planète m', on a de même

$$(a+\delta a)^3(n+\delta n)^2 = f(1+m) = a^3 n^2.$$

» On en conclut

$$n+\delta n = a^{\frac{3}{2}} n (a+\delta a)^{-\frac{3}{2}} = n\left(1+\frac{\delta a}{a}\right)^{-\frac{3}{2}}.$$

» Développant $\left(1+\frac{\delta a}{a}\right)^{-\frac{3}{2}}$ et simplifiant, on déduit de l'équation précédente

$$\delta n = -\frac{3}{2} n \frac{\delta a}{a} + \frac{15}{8} n \left(\frac{\delta a}{a}\right)^2 - \ldots.$$

» Lorsqu'on considère seulement les perturbations qui sont du premier ou du second ordre par rapport aux masses, δa ne comprend comme on le sait que des termes périodiques; il en est donc de même pour la première partie de δn.

» Examinons ce que donne la deuxième :

» Représentons par l et l' les longitudes moyennes des planètes m et m', par α la partie séculaire des arguments des perturbations. Posons

$$\mathcal{A} = i'l' + il, \qquad S = -A\sin\alpha, \qquad C = +A\cos\alpha,$$

et désignons par S′ et C′ les sommes de tous les coefficients S et C correspondant à une même valeur de l'argument $\mathcal{A}$.

» Nous aurons successivement pour l'expression de δa

$$\delta a = \Sigma A\cos(\mathcal{A}+\alpha) = \Sigma(S\sin\mathcal{A} + C\cos\mathcal{A}) = \Sigma(S'\sin\mathcal{A} + C'\cos\mathcal{A}),$$

d'où nous déduirons

$$\begin{aligned}(\delta a)^2 = &+\tfrac{1}{2}\Sigma(S'^2 + C'^2) + \tfrac{1}{2}\Sigma(C'^2 - S'^2)\cos 2\mathcal{A} \\ &+\Sigma(S'_p C'_q + S'_q C'_p)\sin(\mathcal{A}_p + \mathcal{A}_q) + \Sigma(S'_p C'_q - S'_q C'_p)\sin(\mathcal{A}_p - \mathcal{A}_q) \\ &+\Sigma(C'_p C'_q + S'_p S'_q)\cos(\mathcal{A}_p + \mathcal{A}_q) + \Sigma(C'_p C'_q + S'_p S'_q)\cos(\mathcal{A}_p - \mathcal{A}_q),\end{aligned}$$

les indices p et q se rapportant à deux termes quelconques du développement de δa.

» Dans l'équation précédente, la première partie du second membre, $\frac{1}{2}\Sigma(S'^2 + C'^2)$, représente une constante, tandis que les autres se composent exclusivement de termes périodiques, puisque, d'après ce qui précède, $\mathcal{A}_p$ est toujours différent de $\mathcal{A}_q$. Il résulte de là qu'à l'ensemble des perturbations du grand axe, correspond un accroissement du moyen mouvement ayant pour expression

$$\Delta n = \frac{15}{16} n \sum\left(\frac{S'^2 + C'^2}{a^2}\right).$$

» La valeur du moyen mouvement obtenue par la discussion des observations étant représentée par n, et celle qui correspondrait au mouvement elliptique non troublé par n_0, on a

$$n = n_0 + \Delta n \qquad \text{et} \qquad n_0 = n - \frac{15}{16} n \sum\left(\frac{S'^2 + C'^2}{a^2}\right).$$

» En outre, le demi-grand axe a, qu'on avait primitivement conclu de n, doit, pour être ramené à sa véritable valeur, celle qui correspond à n_0,

recevoir une correction Δa déduite de la valeur précédente de Δn, et qui aura pour expression

$$\Delta a = -\frac{2}{3}\frac{a}{n}(-\Delta n) + = \frac{5}{8}a\sum\left(\frac{S'^2 + C'^2}{a^2}\right).$$

» Les corrections Δn et Δa sont insensibles pour Mercure, Vénus, la Terre, Mars et Jupiter. Pour les autres planètes on a

Saturne........	$\Delta n = +0,528$	$\Delta a = +15^{s},7 = +0,000076$
Uranus.........	$+0,269$	$+45,9 \quad +0,00022$
Neptune........	$+0,188$	$+98,9 \quad +0,00048$

» Dans le calcul des positions théoriques des planètes, il n'y a pas à tenir compe de Δn, puisque cette correction est comprise implicitement dans la valeur totale n du moyen mouvement qu'on a déduite de l'observation. Mais la correction Δa affecte non seulement les valeurs calculées du rayon vecteur de la planète et de sa distance à la Terre, mais encore celle de sa longitude géocentrique. La correction relative à cette dernière coordonnée est toujours très faible, atteignant au maximum $\pm 0'',17$ pour Saturne, $\pm 0'',12$ pour Uranus, $\pm 0'',11$ pour Neptune.

» Nous avons dit que la valeur de $\frac{1}{2}\Sigma(S'^2 + C'^2)$ était une constante. Au point de vue de la théorie pure, cela ne serait pas rigoureusement exact. En effet, la plupart des coefficients S' et C' sont des fonctions des excentricités et des longitudes des périhélies, ou des inclinaisons et des longitudes des nœuds, et éprouvent, par conséquent, des variations correspondant à celles de ces éléments. Mais ces coefficients variables, quelque nombreux qu'ils soient, ne fournissent qu'une partie relativement très faible de la somme des carrés. La partie principale et absolument prépondérante provient, dans tous les cas, d'un terme considérable, $A\cos(l' - l)$, dont le coefficient, indépendant des excentricités et des inclinaisons, est rigoureusement constant. Ce terme résulte de deux autres de même forme et de signes contraires : le premier et le plus faible correspondant à l'action directe de m' sur m, le deuxième et de beaucoup le plus considérable ayant pour origine l'attraction exercée par m' sur le Soleil.

» En fait les variations de $\Sigma(S'^2 + C'^2)$ et, par suite, celles de Δn sont extrêmement faibles, et peuvent être considérées comme nulles. Ce sont d'ailleurs de simples oscillations dont la durée individuelle est variable, mais comprend toujours plusieurs centaines de siècles, et dont l'amplitude

est tellement minime que leur influence totale sur la valeur de Δn peut à peine atteindre un millième de seconde.

» Il peut être utile de faire remarquer que Δa ne représente pas une perturbation du demi-grand axe, mais simplement une correction à apporter au résultat d'une première détermination de sa valeur a, détermination qui n'avait pu être rigoureusement faite de prime abord, parce que la valeur exacte de n_0 n'était pas connue, ou plutôt parce qu'on n'avait pas cru utile de la calculer avec toute la précision réellement nécessaire. »

ASTRONOMIE. — *Sur une formule simplifiée pour le calcul des réfractions astronomiques.* Note de M. L. Cruls, présentée par M. Lœwy.

« Il peut être utile de disposer d'une formule donnant directement la valeur de la réfraction en fonction de la distance zénithale z, de la pression barométrique B et de la température centigrade t.

» La formule

$$(1) \qquad R = (60'' \tang z - 1'' \tang^2 z)\left(0{,}00138\,B - 0{,}00001\,\frac{Bt}{2}\right),$$

dont le premier terme entre parenthèses représente la réfraction moyenne, et le deuxième tient compte des éléments météorologiques, fournit des réfractions suffisamment concordantes avec celles obtenues par la formule de Laplace, jusqu'aux environs de 70° de distance zénithale, outre que, sous sa forme simplifiée, il est assez aisé de la garder de mémoire.

» Nous donnons ci-dessous, pour des distances zénithales de 10° en 10°, les valeurs de la réfraction moyenne, calculées par la formule de Laplace, ainsi que celles que représente le premier terme de la formule (1) :

Distance zénithale z.	Réfraction par la formule de Laplace.	Réfraction par la formule simplifiée.	Différence.
10°	10",3	10",5	−0",2
20	21,2	21,7	−0,5
30	33,7	34,3	−0,6
40	48,9	49,6	−0,7
50	69,4	70,1	−0,7
60	1'40,7	1'40,9	−0,2
70	2'38,9	2'37,3	+1,6

» Voici deux exemples complets, pour lesquels nous avons choisi des valeurs extrêmes pour B et t :

Distance zénithale. z.	Pression barométrique. B.	Température centigrade. t.	Valeurs de la réfraction tabulaire (*Conn. des Temps*).	par la formule simplifiée.	Différence.
65°....	630^{mm}	+40°	92″,7	92″,1	+0″,6
68°....	700^{mm}	−20°	148″,6	147″,5	+1″,1

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les séries de fractions rationnelles.* Note de M. **Émile Borel**, présentée par M. Picard.

« On sait que les séries de fractions rationnelles sont aptes à représenter, dans tout son domaine d'existence, une fonction analytique uniforme pourvue de singularités absolument quelconques. Leur importance dans la théorie générale des fonctions paraît, de ce fait, devoir être considérable; mais elle est singulièrement diminuée par la proposition suivante, due, sous sa forme la plus générale, à M. Painlevé : *Étant donné un nombre quelconque de domaines, sans partie commune, dans chacun desquels est définie une fonction analytique uniforme, on peut former une série de fractions rationnelles représentant chaque fonction dans le domaine correspondant.* D'ailleurs, bien entendu, le domaine naturel d'existence de chaque fonction peut s'étendre au delà du domaine dans lequel elle est représentée par la série formée ; mais il n'y a plus aucun rapport entre la fonction et la série.

» L'une des conséquences de la proposition précédente, c'est que, si l'on convient d'appeler *pôles* d'une série de fractions rationnelles les pôles des divers termes de la série, il n'y a aucune relation *nécessaire* entre *les pôles de la série* et *les points singuliers de la fonction* qu'elle représente. Ce mode de représentation des fonctions apparaît donc comme très défectueux, précisément à cause de sa trop grande généralité.

» Dans le cas où l'ensemble des points singuliers est dénombrable, M. Mittag-Leffler a montré que l'on peut trouver une série dans laquelle ces singularités sont mises en évidence; ce mode de représentation, dans lequel il ne subsiste que très peu d'arbitraire lorsque la fonction est donnée, est évidemment très propre à mettre en évidence ses propriétés essentielles.

» Lorsque l'ensemble S des points singuliers de la fonction n'est pas

dénombrable, on ne peut évidemment songer à mettre en évidence *tous* ces points dans une série; mais on peut se demander si, parmi les ensembles dénombrables E tels que, E′ désignant l'ensemble dérivé de E, E + E′ coïncide avec S, il n'en est pas un qui se distingue des autres par des propriétés spéciales et qui constitue l'ensemble des *vrais* points singuliers de la fonction. Qu'il en soit ainsi dans certains cas, c'est ce qui résulte des recherches que j'ai entreprises, depuis plusieurs années déjà, sur certaines séries de fractions rationnelles, et dont j'ai exposé les principaux résultats dans ma Thèse et dans mes Leçons sur la théorie des fonctions. Je voudrais indiquer ici quelques résultats nouveaux que j'ai obtenus dans le même ordre d'idées et qui me paraissent, indépendamment de leur intérêt théorique, être susceptibles d'assez nombreuses applications.

» Considérons d'abord une série de fractions rationnelles simples :

$$f(z) = \sum \frac{A_n}{z - a_n}, \tag{1}$$

et supposons que la série

$$\Sigma |\sqrt{A_n}| \tag{2}$$

soit convergente; nous ne faisons *aucune autre hypothèse;* la distribution des pôles a_n peut être *absolument quelconque.*

» Désignons par a un point *quelconque* du plan et par A un nombre ainsi défini; si a coïncide avec l'un des pôles a_n, on prendra $A = A_n$; si a ne coïncide avec aucun de ces pôles, on prendra $A = 0$. Nous dirons que A est le *résidu* de $f(z)$ pour $z = a$. Cette dénomination peut être justifiée par l'étude de l'intégrale de $f(z)$ le long de certains contours, comme je l'ai montré dans les travaux cités il y a un instant; mais voici une proposition nouvelle.

» Soit C un chemin quelconque aboutissant au point a et sur lequel la série $f(z)$ est convergente, sauf peut-être pour $z = a$; *si le produit* $(z - a)f(z)$ *tend vers une limite lorsque* z *tend vers* a, *cette limite est égale à* A. De plus, *il existe effectivement des chemins* C *tels que le produit* $(z - a)f(z)$ *ait pour limite* A *lorsque* z *tend vers* a *en suivant ces chemins.*

» Les chemins C dont on vient de parler peuvent être obtenus d'une infinité de manières. Par exemple, s'étant donné à l'avance deux axes ox, oy, on peut prendre pour C une ligne polygonale dont les côtés sont alternativement parallèles à ces deux axes; ces côtés sont généralement en nombre infini, bien que la longueur de C soit finie.

» Il n'est pas inutile de faire observer que la série $f(z) - \frac{A}{z-a}$ peut être divergente pour $z = a$.

» Considérons maintenant une série de fractions rationnelles

$$(3) \qquad f(z) = \sum \frac{P_n(z)}{R_n(z)};$$

soit m_n le degré de $R_n(z)$; les zéros de $R_n(z)$, distincts ou non, sont dits les *pôles* de $f(z)$; nous supposerons que chaque pôle figure seulement dans un *nombre limité* de termes (ce nombre, limité pour chaque pôle, peut ne pas avoir de limite supérieure finie lorsque l'on considère les pôles dans leur ensemble); nous supposerons, de plus, que, dans $R_n(z)$, le coefficient de la plus haute puissance de z est égal à l'unité, et que *les nombres m_n ont une limite supérieure m.* On peut alors étendre aux séries (3), non seulement le résultat que nous venons d'énoncer, mais la plupart des résultats que j'ai obtenus antérieurement sur les séries (1); il y a lieu seulement de remplacer la condition que la série (2) est convergente par des conditions *analogues :* c'est-à-dire *par des conditions où ne figurent que les coefficients des numérateurs* $P_n(z)$; ces conditions dépendent d'ailleurs du nombre m. *Mais elles ne dépendent en rien de la distribution des pôles :* cette distribution peut être absolument quelconque.

» On remarquera que la série (3) peut fort bien vérifier ces conditions dont nous venons de parler, alors que la série (1) obtenue par la décomposition en éléments simples, ne les vérifierait pas; car les résidus dépendent de la position respective des pôles qui figurent dans un même dénominateur; *les généralisations que nous venons d'indiquer ne peuvent donc pas se ramener aux théorèmes antérieurs, par la décomposition en éléments simples.*

» On peut obtenir des généralisations plus étendues en ne faisant plus de restriction sur les degrés des $R_n(z)$, ni sur la possibilité pour un même pôle de figurer dans une infinité de dénominateurs; mais les conditions de convergence qu'il faut imposer aux coefficients des numérateurs ne peuvent plus alors être énoncées indépendamment des dénominateurs; ce qui est une grande complication pour les applications.

» Ces divers résultats sont en relation avec une généralisation de la notion de fonction analytique, à l'aide de prolongements traversant des lignes ou des aires dont tous les points sont singuliers, au sens de Weierstrass. Mais c'est là cependant un sujet distinct de celui de cette Note; les

résultats nouveaux que j'y ai obtenus seront, si l'Académie le permet, l'objet d'une prochaine Communication. »

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les caractéristiques des équations aux dérivées partielles et le principe d'Huygens.* Note de M. **J. Coulon**, présentée par M. Jordan.

« Dans l'un de ses derniers Mémoires, Hugoniot (1) précise la notion de propagation simultanée de deux mouvements dans un fluide indéfini. Supposons qu'il s'agisse d'un mouvement défini par un système d'équations aux dérivées partielles du second ordre et interprétons, dans la représentation géométrique, le temps comme une variable. Soit $S(x, y, z, t)$ une surface séparant le corps en deux régions variables avec t, telles que dans chacune d'elles les fonctions qui définissent le mouvement prennent sur S les mêmes valeurs ainsi que leurs dérivées du premier ordre, mais soient fournies par des développements analytiques distincts. Hugoniot admet que de semblables mouvements peuvent se propager dans un milieu indéfini et il donne le nom de *surface d'onde* à la surface de séparation.

» Si l'on rapproche cette définition de la notion de caractéristiques dans les équations aux dérivées partielles, il en résulte que la surface d'onde est forcément une surface caractéristique. La possibilité de la propagation de deux mouvements revient à la démonstration de l'existence de solutions prenant les mêmes valeurs sur une surface caractéristique, ainsi que leurs dérivées du premier ordre.

» L'application de cette remarque est fort simple dans le cas des équations aux dérivées partielles à coefficients constants.

» Elle permet de définir les surfaces d'onde comme les enveloppes de cônes dont les équations sont faciles à obtenir. La forme de ces surfaces rend intuitives les propriétés de la propagation du mouvement.

» Considérons, par exemple, l'équation

$$a_1 \frac{\partial^2 V}{\partial x_1^2} + a_2 \frac{\partial^2 V}{\partial x_2^2} + \ldots + a_n \frac{\partial^2 V}{\partial x_n^2} + a \frac{\partial^2 V}{\partial t^2} = 0.$$

(1) Hugoniot, *Mémoire sur la propagation du mouvement dans un fluide indéfini* (*Journal de Mathématiques pures et appliquées*, 4e série, t. III, p. 477, et t. IV, p. 153).

qui contient, comme cas particulier, l'équation du son. Les surfaces caractéristiques sont définies par l'équation

$$a_1\left(\frac{\partial S}{\partial x_1}\right)^2 + a_2\left(\frac{\partial S}{\partial x_2}\right)^2 + \ldots + a_n\left(\frac{\partial S}{dx_n}\right)^2 + a\left(\frac{\partial S}{\partial t}\right)^2 = 0;$$

on les obtiendra toutes en prenant les enveloppes du cône

$$\frac{(x_1 - x_1^0)^2}{a_1} + \frac{(x_2 - x_2^0)^2}{a_2} + \ldots + \frac{(x_n - x_n^0)^2}{a_n} + \frac{(t - t_0)^2}{a} = 0,$$

lorsque les coordonnées du sommet (x_i^0, t_0) sont liées par $n - 1$ relations au plus.

» Supposons ce sommet assujetti à décrire une ligne et considérons la section de la surface d'onde correspondante par le plan $t = t_1$. Elle sera définie comme l'enveloppe de la surface

$$\frac{(x_1 - x_1^0)^2}{a_1} + \frac{(x_2 - x_2^0)^2}{a_2} + \ldots + \frac{(x_n - x_n^0)^2}{a_n} + \frac{(t_1 - t_0)^2}{a} = 0,$$

les paramètres (x_i^0, t_0) étant astreints aux mêmes conditions.

» C'est précisément ce procédé qui permet de trouver la surface d'onde d'après Huygens. Le principe énoncé par ce physicien peut donc être regardé comme une interprétation géométrique du mode très simple de génération des surfaces caractéristiques.

» Dans le cas des équations de l'élasticité, les surfaces d'onde s'obtiendront en prenant l'enveloppe du réciproque d'un cône, en général du 6e degré. »

PHYSIQUE. — *Mouvements tourbillonnaires à structure cellulaire. Étude optique de la surface libre.* Note de M. **Henri Bénard**, présentée par M. Mascart.

« Pour établir les lois indiquées dans une précédente Note sur le mouvement permanent d'un liquide transportant de la chaleur de bas en haut, j'ai employé différentes méthodes : les unes reposent sur les propriétés des particules solides en suspension, déposées ou flottantes; les autres sont purement optiques.

» I. *Particules solides.* — 1° Des poussières impalpables, en suspension dans la masse liquide et entraînées sur les filets, sont réparties très inégalement dans les différentes régions de la *cellule* : les trajectoires extérieures,

à forme limite rectangulaire, n'en contiennent pas du tout; au contraire, les filets très courts, à vitesses linéaires faibles, qui entourent la courbe lieu des points de vitesse nulle, sont les plus chargés. Vues par transmission, les cellules offrent une partie centrale transparente, se raccordant par un dégradé très lent aux parties les plus opaques, et un contour également clair, mais très délié, se raccordant très brusquement aux parties les plus sombres; ce contraste tient à la forme abrupte des filets (*voir* la figure de ma dernière Note). L'observation par transparence dessine donc le contour des cellules par un cloisonné polygonal clair et extrêmement délié.

» 2° Si les corpuscules en suspension sont de forme lamellaire, et de plus réfléchissent vivement la lumière (poudre d'aluminium, graphite très fin), ils orientent leur grande surface tangentiellement au filet qui les transporte, et le résultat est, grâce à la transparence des couches extérieures, le même que si les filets non périphériques formaient une surface brillante continue : leurs parties horizontales réfléchissent très vivement la lumière incidente, leurs parties inclinées la réfléchissent de moins en moins quand l'inclinaison croît. On obtient un relief saisissant des formes des filets, avec leurs plus petits détails (différenciation des divers azimuts de la cellule, etc.).

» 3° Des poussières quelconques incorporées au liquide finissent, si elles ne sont pas extrêmement fines, par se déposer. Elles se réunissent uniquement aux centres des cellules, où les amènent les courants centripètes qui balaient la paroi du fond : chaque cellule s'enregistre ainsi par un petit dépôt central. Si le réseau hexagonal est bien régulier, on obtient trois directions de rangées à 60° l'une de l'autre, avec des points ronds parfaitement équidistants sur chaque rangée. L'ensemble a la netteté d'une épure.

» 4° Une particule insubmersible projetée à la surface libre suit d'abord la direction centrifuge du filet superficiel sur lequel elle est tombée, puis arrive, en un temps très court ($0^s,1$ par exemple), sur le côté du polygone limitant la cellule. En ce point, les deux filets superficiels, situés de part et d'autre, convergent en formant un angle obtus : la résultante des deux vitesses entraîne le corpuscule solide vers le sommet ternaire le plus proche, seule position d'équilibre stable d'une particule solide flottante. Ce chemin brisé est décrit avec deux vitesses très différentes; si l'on prend une photographie instantanée de la surface libre environ $0^s,2$ après avoir projeté un nuage pulvérulent (lycopode), le réseau de polygones sera fi-

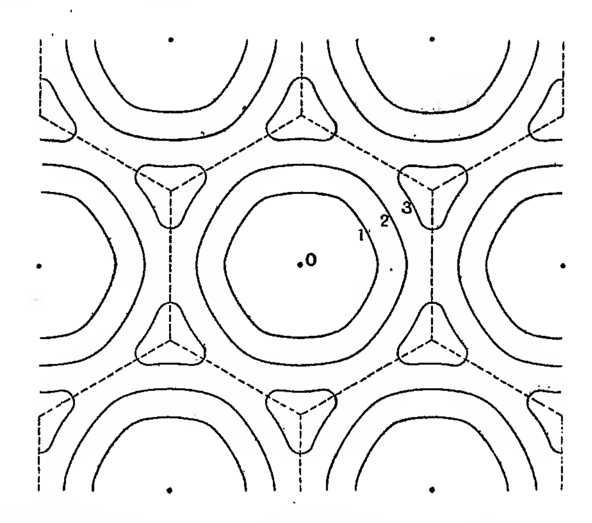
guré avec une extrême finesse par les grains juxtaposés. Mais si l'on attend un peu plus longtemps, 1^s par exemple, tous les grains sont déjà rassemblés aux sommets ternaires, où ils demeurent : la photographie ne donne plus que l'enregistrement de ces sommets.

» II. *Méthodes optiques. Étude de la surface libre.* — La surface libre n'est pas plane, mais présente, par rapport au niveau moyen, des dépressions et des surélévations d'ailleurs très faibles (de l'ordre de 1^μ pour une épaisseur de 1^{mm}, avec le flux maximum); les courbures sont de plus en plus prononcées quand le flux de chaleur croît.

» J'ai étudié cette surface par un grand nombre de méthodes optiques et enregistré les résultats par la Photographie :

» 1° Relief en éclairage cylindrique (procédé analogue à celui de Foucault);

» 2° Foyers et lignes focales de la surface (lumière incidente parallèle); mesure des rayons de courbure remarquables;



» 3° Franges d'interférence à grande différence de marche entre la surface libre et une lame plane de verre placée au-dessus. J'ai pu les photographier en posant $0^s,2$ environ avec l'arc au mercure dans le vide du tube de MM. Pérot et Fabry ($\lambda = 0^\mu,4358$).

» 4° Franges formées entre les deux faces de la lame liquide elle-même, le fond de la cuve constitué par un miroir d'acier optiquement plan. Les franges enregistrent alors la distribution des différences de marche $(n-1)e$, due à la fois aux variations de e, connues par les méthodes précédentes, et aux variations d'indice moyen sur chaque verticale résultant de la distribution permanente des isothermes. Je n'ai pu encore photographier ces franges, nécessairement très mobiles, malgré toutes les précautions, mais la simple observation directe permet d'en tirer quelques renseignements.

» La figure ci-dessus donne une idée exacte des formes des courbes de niveau de la surface libre dans le cas hexagonal parfait.

» Le centre de la cellule est un *ombilic* concave; chaque sommet ternaire, un *sommet* topographique; le contour polygonal, une *ligne de faîte;* la ligne joignant deux ombilics, *un thalweg;* le milieu de la ligne joignant deux sommets voisins, un *col.* Le long de la ligne de faîte, la courbure convexe normale à sa direction est très prononcée par rapport aux autres courbures (le rayon peut descendre à quelques centimètres) : c'est, relativement, une véritable *crête* dont les deux *versants,* formant miroirs de Fresnel par réflexion, biprisme par transmission (doublé par réflexion sur le miroir d'acier), donnent de belles franges de diffraction parallèles à la crête.

» Ce sont les lignes focales des lentilles convexes cylindriques formées par les lignes de faîte (lentilles doublées par le miroir) qui m'ont permis de définir optiquement les contours des cellules avec le plus de netteté, par un trait lumineux d'une extrême finesse. C'est le procédé que j'ai employé dans toutes les mesures de dimensions. »

ÉLECTRICITÉ. — *Accroissements de résistance des radioconducteurs.* Note de M. **Édouard Branly.**

« J'ai signalé en 1891 ([1]) les accroissements de résistance offerts par certains radioconducteurs sous les influences électriques qui déterminent, en général, des diminutions de résistance. L'effet d'accroissement de résistance, beaucoup plus rarement observé jusqu'ici que l'effet inverse de diminution, a été reproduit par plusieurs physiciens, avec les substances que j'avais fait connaître. Quelques-unes des explications qu'ils ont proposées présentant ces phénomènes comme des phénomènes secondaires, occasionnés par des ruptures ou par des modifications chimiques, j'ai repris mes anciennes expériences. Sans contester qu'il puisse y avoir des ruptures dans certains cas bien déterminés, mes nouveaux essais m'ont affermi dans l'opinion que l'accroissement de résistance dépend, comme la diminution, d'un état physique des couches isolantes interposées.

» Il y a lieu, d'après cela, d'étudier à part les deux effets en leur attribuant une égale importance, au même titre qu'on étudie séparément les phénomènes magnétiques et les phénomènes diamagnétiques avec les-

---

([1]) *Bulletin de la Société internationale des Électriciens,* mai 1891. — *Bulletin des séances de la Société de Physique,* avril 1891. — La *Lumière électrique,* mai et juin 1891.

quels les diminutions et les accroissements de résistance ne sont pas sans analogie.

» Voici le mode d'expérimentation auquel je me suis arrêté dans mes derniers essais. Le radioconducteur est disposé avec un galvanomètre dans un circuit dérivé du circuit principal d'un élément Daniell, de telle façon que la force électromotrice qui presse sur le radioconducteur ne soit que de $0^{volt},001$ au lieu de $1^{volt},5$ environ, comme cela a lieu quand on dispose le radioconducteur dans le circuit direct d'un élément Leclanché, comme on le fait le plus souvent. Quand le radioconducteur a été exposé à une action électrique et que le changement de déviation du galvanomètre a indiqué une variation de conductibilité, on lui substitue dans son circuit dérivé une résistance convenable pour atteindre la même déviation. Par cette substitution, on évite les extracourants à force électromotrice variable de la méthode du pont de Wheatstone.

» Pour bien mettre en évidence la continuité de la variation de conductibilité, il a été commode d'opérer cette variation soit par l'étincelle à distance qui donne lieu à des forces électromotrices d'induction considérables, soit par des courants directs de piles ayant des forces électromotrices croissantes. Dans ce dernier cas, le radioconducteur était introduit pendant un temps très court ou pendant trente secondes dans le circuit d'une pile d'un nombre connu d'éléments et, pour qu'il n'intervînt que la *poussée* de la force électromotrice, sans courant appréciable, le circuit de la pile et du radioconducteur était complété par une colonne liquide (eau distillée et sulfate de zinc entre des électrodes de zinc) de 3 millions d'ohms de résistance.

» L'effet de l'étincelle ou de la pile ayant été obtenu, le radioconducteur était rétabli dans son circuit dérivé et sa nouvelle résistance était mesurée par substitution.

» Afin d'établir un parallèle entre les substances à résistances décroissantes et les substances à résistances croissantes sous les mêmes influences électriques, je donne ici le détail d'expériences faites successivement avec les deux groupes.

» I. *Substances à résistances décroissantes.* — 1° Tube à limaille d'or *pur* entre deux tiges d'or pur (limaille tamisée suivant mes anciennes indications, 200 au tamis). La limaille est enfermée dans un tube bien calibré de $1^{mm},3$ de diamètre; à l'aide d'une vis micrométrique, le serrage est poussé jusqu'au point où une conductibilité nette apparaît. La résistance initiale a une valeur dont on est maître par le serrage.

Résistance avant toute action électrique .... 400 ohms.

On fait passer pendant trente secondes (¹) le courant d'une pile à travers le radioconducteur et la colonne liquide de 3 000 000 d'ohms.

Avec une pile de ...	8 volts	résistance...	160 ohms
» ..	16 »	» ...	81 »
» ...	80 »	» ...	39 »
» ...	160 »	» ...	25 »

(¹) En établissant la communication avec la pile pendant un temps très court, on

On fait ensuite agir à distance l'étincelle d'une petite machine de Wimshurst. En rapprochant graduellement l'étincelle, la résistance finit par tomber à $6^{ohms},5$.

» L'emploi successif des forces électromotrices de piles et des forces électromotrices induites par l'étincelle donne dans une certaine mesure une idée de l'ordre de grandeur de la force électromotrice de ces dernières.

» En touchant enfin le tube à limaille avec un des deux pôles de la machine, la résistance *augmente* et elle devient graduellement supérieure à 10000 ohms (limite de la mesure permise par la sensibilité du galvanomètre).

» 2° Tube à limaille d'or précipité (préparé par M. Dervin) entre deux électrodes d'or pur.

Résistance initiale....	1210 ohms
8 volts	1180 »
16 »	1030 »
40 »	140 »
160 »	40 »

» Étincelles de Wimshurst à distances décroissantes : 25, puis 15, puis 11 ohms. En touchant avec un pôle de la machine, la résistance *augmente* et devient graduellement supérieure à 10000 ohms.

» La conductibilité reparaît en faisant passer un instant le courant d'une pile de 40 volts.

» Les expériences du premier groupe peuvent être multipliées; j'ai choisi celles qui se rapportent à la limaille d'or pur entre deux électrodes d'or, pour répondre de nouveau à l'opinion que l'or entre deux électrodes d'or ne se comporte pas comme les autres métaux et que l'air interposé entre les grains métalliques a besoin d'être renforcé par une couche d'oxyde.

» II. *Substances à résistances croissantes.* — 1° Tube à vis renfermant du peroxyde de plomb. Comme pour les autres poudres métalliques, la résistance du peroxyde de plomb augmente par le choc avant toute action électrique.

» On rapproche les deux électrodes pour diminuer la résistance.

Résistance initiale (1).......	220 ohms
Avec la pile de 160 volts.....	300 »
» 320 »	430 »
» 480 »	1600 »

» 2° Même tube renfermant du peroxyde de plomb soumis à un serrage initial différent.

---

obtient un effet un peu inférieur à celui qu'on détermine par un effet prolongé. C'est un fait que j'ai indiqué autrefois.

(1) La résistance augmente très lentement au début, on attend qu'elle soit devenue fixe.

Résistance initiale....	630 ohms	
Pile de 8 volts......	650	»
» 16 »	685	»
» 40 »	760	»
» 80 »	850	»
» 120 »	1090	»
» 160 »	2070	»

» En faisant éclater une étincelle de la machine statique à une distance décroissante, on arrive à 6000 ohms. En touchant le tube avec un pôle de la machine, on dépasse 10000 ohms.

» Je rappelle les expériences que j'ai faites en 1891 avec des verres platinés, elles accusent des alternatives de conductibilité et de résistance incompatibles avec l'hypothèse d'une rupture de la couche métallique.

» Comme l'emploi du verre platiné est irrégulier, des échantillons différents offrant des résultats différents, j'indique en terminant un procédé conduisant à la préparation aisée de couches métalliques à résistances constamment croissantes.

» On sait qu'une feuille d'or battu extrêmement mince, collée sur verre avec de la gomme arabique, n'a qu'une très faible résistance; cette résistance diminue légèrement, comme je l'ai montré en 1891 (*Comptes rendus*, 12 janvier 1891 et 3 février 1896) par l'action des oscillations électriques à distance. Si l'on frotte la feuille d'or avec le doigt bien sec, de façon à lui faire acquérir une résistance de 50 ohms à 60 ohms par centimètre de longueur, ce qui est facile, on obtient une couche dont la résistance ne diminue plus, mais augmente notablement par l'action de l'étincelle à distance. »

ÉLECTRICITÉ. — *L'inductance et les oscillations électrostatiques.* Note de M. **P. de Heen**.

« Le seul phénomène d'action à distance exercé par des charges électrostatiques, et reconnu jusqu'à présent, a été désigné sous le nom d'*influence*. On peut montrer qu'un phénomène d'*inductance* comparable à celui de l'électro-dynamique, se superpose, dans certains cas, au premier.

» *Si l'on approche un conducteur chargé d'un autre conducteur, ou encore si l'on charge ou si l'on accroît le potentiel du premier conducteur, le deuxième conducteur se charge d'électricité de même nom.*

» *Le contraire a lieu si l'on exécute les opérations inverses.*

» *Un conducteur mis en mouvement dans le voisinage d'un deuxième*

conducteur tend à se déplacer en sens inverse du mouvement qu'on lui communique.

» Cette loi peut se mettre en évidence par des expériences multiples, nous nous bornerons à en citer une.

» Considérons un électroscope à feuilles d'or *dont le conducteur est à la terre* et plaçons dans ces conditions, à une *distance déterminée* et relativement faible, le conducteur *positif* d'une bouteille de Leyde. L'électroscope étant mis en fonction, le phénomène de l'influence se manifeste et les feuilles d'or s'écartent d'une quantité *relativement faible*. L'influence s'est manifestée isolément.

» Si, en second lieu, l'électroscope étant déchargé et la bouteille de Leyde étant à une grande distance, nous venons à rapprocher celle-ci jusqu'à la distance qui correspondait à la première expérience, le phénomène de l'*inductance* s'est produit, les feuilles d'or divergent d'une quantité *incomparablement plus grande* que dans la première expérience, et l'électroscope est chargé *positivement*, ainsi qu'on peut s'en assurer en le mettant en contact avec un électroscope indiquant le signe de l'électricité.

» En troisième lieu, exécutons la première expérience, puis écartons la bouteille lentement. Il arrivera un moment où l'*influence* cessera d'être sensible, et les feuilles d'or entreront en contact. Mais si l'on poursuit le mouvement d'éloignement, l'électroscope s'électrise *négativement* par *inductance*, et les feuilles d'or s'écartent de nouveau.

» Il résulte de ceci que, si nous déterminons une oscillation de potentiel, cette oscillation se transmettra à distance, très vraisemblablement par *inductance* et non par *influence*, et si l'on vient à mettre *un* des pôles d'une forte bobine activée par un interrupteur Whenelt en communication avec un fil de cuivre tendu ou avec un carré de grosse toile métallique, les oscillations électro-magnétiques développées sont capables d'illuminer un tube à vide enfermé dans un étui en carton épais. Un radio-conducteur très sensible permet de reconnaître l'absence de l'oscillation électromagnétique. »

PHYSIQUE. — *Remarques à propos d'une Note récente de M. G. Le Bon* (¹). Note de M. **P. Curie**, présentée par M. Potier.

« M. Le Bon a remarqué que le bromure de baryum radifère lumineux, préparé à l'usine de List (Hanovre) sur les indications de M. Giesel, a la

(¹) *Comptes rendus*, 2 avril 1900.

propriété de perdre sa luminosité quand on le chauffe et de la reprendre par refroidissement. Cette propriété a déjà été signalée par M. Giesel lui-même ([1]).

» Ont été de même l'objet de publications antérieures de M. Becquerel, de M. Giesel, de Mme Curie et de moi :

» La propriété des sels de baryum lumineux de perdre en partie leur luminosité à l'humidité ([2]), les propriétés du phosphore humide ([3]), l'émission possible de matière par les corps radioactifs ([4]), l'absence de polarisation des rayons du radium ([5]).

» M. Le Bon parle, dans sa Note, de la *lumière noire;* les rayons qu'il désigne ainsi et qu'il a utilisés dans certaines expériences ([6]) sont des rayons calorifiques infra-rouges. Graham Bell a montré en 1880 que l'ébonite est transparente pour ces rayons ([7]). »

CHIMIE. — *Nouvelle réaction microchimique du palladium* ([8]). Note de MM. **M.-E. Pozzi-Escot** et **H.-C. Couquet**. (Extrait.)

« Si l'on additionne, en suivant les indications que nous avons données au sujet de la technique microchimique, une solution de chlorure de palladium, d'azotite de potassium, puis, immédiatement ensuite, d'un excès d'un alcali caustique, potasse, soude ou ammoniaque, il se forme de très beaux cristaux rhomboïdaux, appartenant au système orthorhombique, très volumineux, plus ou moins teintés de jaune et extrêmement abondants, qui constituent un azotite double de palladium et de potassium.

» Il faut éviter toute élévation de température, qui amène une démolition complète de la molécule du composé; il faut une évaporation lente de la préparation.

» La sensibilité de cette réaction permet de reconnaître, sans le moindre doute, les sels de palladium; elle rendra de précieux services. »

([1]) *Wied. Ann.*, t. LXIX, p. 91.
([2]) Giesel, *Wied. Ann.*, t. LXIX, p. 91.
([3]) Curie, *Revue gén. des Sciences*, 31 janvier 1899.
([4]) Curie, *Comptes rendus*, 5 mars 1900 et 8 janvier 1900.
([5]) H. Becquerel, *Comptes rendus*, 27 mars 1899.
([6]) *Revue scientifique*, 11 février 1899.
([7]) *Ann. de Chim. et Phys.*, 5e série, t. XXI, p. 394 et t. XXIII, p. 430.
([8]) Travail fait au laboratoire de recherches de M. Pozzi-Escot, à Bergerac.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Recherches expérimentales sur les phénomènes physiologiques accompagnant la chlorose chez la Vigne.* Note de M. **Georges Curtel**, présentée par M. Gaston Bonnier.

« Je me suis proposé de rechercher sur la Vigne les troubles physiologiques apportés par la chlorose aux fonctions ordinaires de l'organe le plus atteint par elle, la feuille. J'espérais trouver dans ces manifestations morbides quelque indication de nature à faciliter la découverte d'un traitement réellement sûr, jusqu'à présent encore inconnu. Voici les premiers résultats de ces expériences. Les pieds soumis à l'observation étaient des Gamays noirs d'Arcenant sur Riparia gloire de Montpellier et des Chasselas de Fontainebleau sur Aramon Rupestris Ganzin 1.

» 1° *Respiration.* — Dès les premières atteintes du mal, l'activité respiratoire de la feuille diminue et cette diminution va croissant. En même temps, indice certain du trouble profond apporté dans la vie de l'organe, le rapport $\frac{CO^2}{O}$ des gaz échangés diminue considérablement.

» *Exemple.* — J'introduis dans deux éprouvettes de 145^{cc}, reposant sur le mercure et placées à l'obscurité, une feuille chlorotique de $127^{cq},02$ de surface, une feuille saine de $152^{cq},32$ de surface. Je fais avant et après l'expérience l'analyse des gaz des deux éprouvettes. Durée de l'expérience : $9^h 35^m$-3^h, $T = 18°$.

Feuille chlorotique.			Feuille saine.			Air initial.	
CO^2.	1,25	$\frac{CO^2}{O} = 0,70$	CO^2.	2,25	$\frac{CO^2}{O} = 0,89$	CO^2.	00,00
O...	19,00		O...	18,25		O...	20,80
Az..	79,75		Az..	79,50		Az..	79,20

» 2° *Assimilation.* — Je me suis contenté de vérifier que les chromoleucites jaunes étaient impropres à l'assimilation, ainsi que je l'avais précédemment observé chez la fleur par les mêmes moyens ([1]). Ceci démontré, il devient évident qu'avec la disparition de la chlorophylle, l'assimilation cesse.

» 3° *Transpiration.* — Je détermine les quantités d'eau transpirées en

([1]) *Ann. Sc. nat.*, 1899. J'emploie, comme réactif de l'oxygène, le carmin d'indigo décoloré par l'hydrosulfite de soude additionné de chaux et j'opère sur des fragments de feuille ou de fleur, découpés à l'emporte-pièce. Les moindres traces de chlorophylle déterminent le bleuissement de la solution à la lumière.

même temps à l'obscurité et à la lumière diffuse, soit par des feuilles, soit par des rameaux feuillés, dont le pédoncule ou le pied détachés de la plante plongent dans l'eau. Je détermine ensuite la surface des feuilles ainsi exposées ([1]) et je calcule la perte d'eau par centimètre carré.

			Perte totale d'eau.	Perte par cq.
	Obscurité.			
$10^h 45^m$-$8^h 30^m$	Feuille saine..........	$S = 226^{cq},62$	0,825	$3^{mgr},6$
$T = 17°$-$19°$	Feuille chlorotique....	$S = 200,26$	0,439	2,2
	Lumière.			
$9^h 12^m$-$8^h 30^m$	Feuille saine..........	$S = 164,30$	1,013	6,1
$T = 21°$ (moy.)	Feuille chlorotique....	$S = 159,00$	0,519	3,2

» La fonction de transpiration est donc considérablement diminuée chez la feuille chlorotique et cela dès les premières atteintes du mal. Parmi les causes nombreuses pouvant déterminer cette diminution de la transpiration dans la feuille de Vigne, j'en ai déterminé une, celle-là précisément que l'on signale comme étant la cause la plus commune de la chlorose : c'est l'excès de calcaire, surtout de calcaire très divisé offrant une large surface d'attaque aux poils absorbants.

» *Expérience.* — Des Gamays Arcenant sur Riparia Gloire ont été élevés dans des vases en verre. Par un dispositif spécial je substitue au moment de l'expérience, au milieu où vivent les racines, pour l'un (*a*) une bouillie très épaisse de blanc de Troyes, finement pulvérisé; pour l'autre (*b*) de l'eau de Seltz. Je détermine au bout d'un même temps les quantités d'eau transpirées par ces deux pieds, choisis aussi comparables que possible, comme bois, surface foliaire. Ils ont tous deux six feuilles sur un unique rameau. J'observe pour le pied *a* une perte d'eau de $5^{gr},80$ par 1000^{cq} de surface, alors que le pied *b* accuse une perte de $7^{gr},05$. La différence va s'accentuant le lendemain. Dans les conditions ordinaires les différences entre les deux pieds sont de quelques décigrammes.

» L'explication probable du phénomène est celle-ci. Le carbonate, facilement attaqué par les poils radicaux, est absorbé en abondance. Il neutralise les acides végétaux, précipite leurs sels. Or on sait que ce sont surtout les acides et les sels acides végétaux qui interviennent le plus activement pour assurer le mouvement de l'eau de cellule à

([1]) Pour calculer cette surface, on découpe et pèse la silhouette de chaque feuille tracée sur du papier; ou mieux, on y découpe à l'emporte-pièce *n* sections, de surface connue *s*, de poids total *p*. Soient S, P les surface et poids de la feuille; on a $\frac{S}{P} = \frac{ns}{p}$, d'où l'on tire S.

cellule. Il est cependant curieux d'observer que si le départ d'eau par la feuille est considérablement diminué, l'arrivée d'eau dans celle-ci n'est pas diminuée dans les mêmes proportions, bref qu'elle reçoit plus qu'elle n'élimine. J'ai en effet constaté que le rapport $\frac{H^2O}{P}$ du poids d'eau contenu dans la feuille au poids de la feuille lui-même était d'ordinaire plus élevé chez la feuille chlorotique, qui apparaît ainsi comme gorgée d'eau. Valeurs du rapport $\frac{H^2O}{P}$ = chez des feuilles saines 0,72; 0,70; 0,67 et chez des feuilles chlorotiques examinées comparativement deux à deux et choisies d'égales dimensions autant que possible : 0,77; 0,78; 0,76.

» *Conclusions.* — La chlorose se manifeste dans la feuille malade : 1° *par un affaiblissement notable de l'activité respiratoire et la diminution du rapport* $\frac{CO^2}{O}$ *des gaz échangés;* 2° *par la diminution puis la cessation de la fonction assimilatoire : les chromoleucites étant impuissants à l'assurer;* 3° *par un très grand affaiblissement de la fonction transpiratoire.* L'altération de cette fonction qui pour la plante remplace les organes propulseurs des liquides organiques entraîne des troubles profonds de la nutrition, en particulier la disparition de la chlorophylle qui ne trouvant plus les matériaux nécessaire à sa régénération dans une sève insuffisante disparaît au fur et à mesure de sa destruction sous l'action de la lumière. Parmi les causes pouvant agir sur l'activité de cette fonction, nous avons trouvé l'excès de calcaire du sol. Il en est beaucoup d'autres : excès d'eau, conditions climatériques défavorables, etc., et qui toutes d'ailleurs sont susceptibles d'entraîner la chlorose, *si bien que ces deux phénomènes : apparition de la chlorose, altération de la fonction transpiratoire, nous apparaissent indissolublement liés,* et que logiquement on peut admettre que toute cause capable de modifier l'un d'eux devra nécessairement avoir son influence sur l'autre. »

PALÉONTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur une Selaginellée du terrain houiller de Blanzy.* Note de M. **R. Zeiller**, présentée par M. Gaston Bonnier.

« On a signalé à diverses reprises dans les formations paléozoïques, principalement dans le terrain houiller, des empreintes de Lycopodinées herbacées, constituées par des rameaux divisés par dichotomie, les uns garnis de feuilles serrées toutes conformes, et offrant ainsi l'aspect de ceux de nos Lycopodes actuels, les autres à feuilles tétrastiques dimorphes, présentant tous les caractères extérieurs de ceux des Sélaginelles; mais

bien que plusieurs d'entre eux aient été trouvés munis d'épis terminaux de fructification, il a été impossible jusqu'ici de savoir si l'on avait affaire à des Lycopodinées isosporées ou à des Lycopodinées hétérosporées, et l'on s'est borné à les classer les uns et les autres sous le nom générique collectif de *Lycopodites*. La même incertitude a empêché M. C.-Eg. Bertrand de rapporter au genre *Selaginella*, bien qu'ils en offrissent tous les caractères anatomiques, de petits ramules à feuilles tétrastiques, à structure conservée, provenant du terrain houiller d'Angleterre, auxquels il a donné le nom de *Miadesmia* ([1]).

» Dans ces conditions, il me paraît intéressant de faire connaître les observations que j'ai pu faire sur le contenu des sporanges d'un *Lycopodites* du Stéphanien de Montceau-les-Mines, visiblement allié au *Lyc. macrophyllus* Goldenberg du Westphalien de Sarrebrück, mais à feuilles plus grandes et plus serrées, que je dois à l'obligeance de M. Suisse, ingénieur en chef des mines de Blanzy, et que je désignerai sous le nom de *Lycopodites Suissei*.

» Il se présente sous la forme de rameaux plusieurs fois bifurqués, à branches quelque peu inégales, à axe de 1^{mm} à 2^{mm} d'épaisseur, garni de feuilles tétrastiques dimorphes, celles des deux séries postérieures étalées-dressées, contiguës, longues de 4^{mm} à 6^{mm} sur 2^{mm} à 3^{mm} de largeur, uninerviées, à contour ovale-lancéolé, à sommet aigu ou obtusément aigu, à bords finement denticulés; celles des deux séries antérieures d'ordinaire à peine visibles, étroitement dressées, appliquées sur l'axe du rameau, longues d'environ $1^{mm},5$ sur $0^{mm},5$ à $0^{mm},75$ de largeur, ovales-lancéolées, à sommet très aigu. Quelques-uns de ces rameaux se terminent par des épis de 8^{mm} à 10^{mm} de largeur, mesurant jusqu'à $0^{m},15$ de longueur et même davantage, composés de bractées polystiques toutes semblables, disposées à ce qu'il semble suivant huit séries longitudinales, d'abord étalées normalement à l'axe et portant sur leur face ventrale un sporange ovoïde de $1^{mm},5$ à 2^{mm} de longueur sur 1^{mm} à $1^{mm},5$ de largeur, puis relevées en un limbe triangulaire à sommet aigu, à bords latéraux finement denticulés comme les feuilles elles-mêmes.

» Ces sporanges étant transformés en une lame charbonneuse assez épaisse, susceptible d'être détachée de la roche sans se briser, j'ai pensé qu'il ne serait pas impossible d'en étudier le contenu en les traitant successivement par les réactifs oxydants et par l'ammoniaque. J'ai réussi, en effet, à obtenir ainsi des masses de spores encore enfermées dans une mince pel-

---

([1]) C.-Eg. Bertrand, *Sur une nouvelle Centradesmide de l'époque houillère* (*Association française pour l'avancement des Sciences*, 23e Session, Caen, II, p. 588-593).

licule formée de cellules allongées, et j'ai pu mettre ces spores en liberté, soit en les dégageant à l'aide d'une aiguille, soit en les roulant sous la lamelle. Sur la plus grande étendue des épis, les sporanges sont tous des microsporanges renfermant un nombre extrêmement considérable de microspores à corps sphérique triradié de 40 à 50 μ de diamètre, hérissé de fines aspérités et muni de trois crêtes divergeant à 120° ainsi que d'une collerette ou crête équatoriale de 15 à 20 μ de largeur. A la partie inférieure, sur une hauteur variable, parfois très restreinte, il n'y a plus que des macrosporanges renfermant des macrospores à corps triradié de $0^{mm},5$ de diamètre, relevé de fines rides anastomosées en réseau et pourvu de trois crêtes divergentes et d'une crête équatoriale de 65 μ de largeur. On a donc affaire à une Lycopodinée hétérosporée, qu'on serait tenté de rapporter formellement au genre *Selaginella,* dont on retrouve ici tous les caractères, abstraction faite des dimensions beaucoup plus grandes des épis : la différence qui existe entre le nombre des séries de feuilles et celui des séries de bractées ne me semblerait pas, en effet, de nature à faire obstacle à cette attribution, puisqu'elle se retrouve en sens inverse dans le genre vivant, où certaines espèces à feuilles polystiques ont des épis à bractées tétrastiques; mais, tandis que chez nos Sélaginelles vivantes les macrosporanges ne renferment que quatre macrospores, le tissu sporogène avortant et se résorbant, à l'exception d'une seule cellule mère, ici chaque macrosporange contient un nombre notable de macrospores que j'ai trouvé tantôt de 16, tantôt de 24, et plus rarement de 20.

» Sans vouloir prétendre qu'il en soit nécessairement de même chez les autres formes analogues de l'époque houillère, il est vraisemblable, étant donnée leur ressemblance mutuelle, qu'elles différaient moins les unes des autres que des Sélaginelles actuelles, et l'on est conduit à penser que celles-ci en sont dérivées par voie de modification plus ou moins graduelle, consistant dans la réduction des épis de fructification et principalement dans la stérilisation progressive du tissu sporogène des macrosporanges. »

GÉOLOGIE. — *Subdivisions du Sénonien (s. l.) du Portugal.* Note de M. **Paul Choffat**, présentée par M. Albert Gaudry.

« En 1897, j'ai eu l'honneur d'annoncer à l'Académie que la contrée située entre le Mondégo et le Vouga présente du Sénonien marin et un massif puissant contenant des Vertébrés, des Végétaux terrestres et des Mollusques d'estuaires analogues à ceux du Garumnien de la Provence.

» De nouvelles études me permettent de donner quelques détails sur la subdivision de ce massif, quoiqu'il y ait encore de nombreux points obscurs, ce qui est dû au recouvrement superficiel et à l'absence de liaison entre les gisements.

» Nous distinguerons une suite d'affleurements à peu près contigus, dont la base repose sur le Turonien, et des *outliers* qui sont complètement séparés; nous commencerons par l'examen des premiers.

» Les calcaires turoniens de Mamaroza, à faune marine, passent à un grès calcarifère, micacé, sans fossiles, que je considère comme formant la partie supérieure de l'étage. Au-dessus commence le complexe fluvio-marin, plongeant assez régulièrement vers l'Ouest, sous un angle de 4° à 5°.

» I. *Grès du Ceadouro.* — Massif d'environ 140^{m} de puissance, formé par des sables en général grossiers, et des grès mal cimentés, n'ayant fourni que des mollusques saumâtres et des végétaux mal conservés, tandis qu'à sa partie supérieure un banc de 1^{m} d'épaisseur contient une faune franchement marine, dans laquelle se trouve l'*Hemitissotia,* genre incontestablement sénonien, tandis que *Odontapsis* du *Bronni, Anomœdus subclavatus* et le genre *Sargus* sont connus du Maestrichtien, Danien et du Tertiaire. Le reste de la faune, Gastropodes et Lamellibranches, présente le faciès du Gault portugais. Nous y remarquerons : *Glauconia Renauxiana* et *Kefersteini, Natica bulbiformis, Cardium hillanum* et *Cyclolites scutellum.*

» II. *Assises fluvio-marines.* — *a.* Marnes avec nombreux *Cypris.*

» *b.* Marnes sèches, rouges et verdâtres, avec des roches ressemblant à la bauxite, et du gypse et de la barytite disséminés dans les marno-calcaires. Faune saumâtre : *Clastes lusitanicus* (genre éocène), *Melania, Cyrena, Anomia,* etc. Un grand *Bulimus,* seule espèce terrestre, ne se trouve que dans une localité. *Pyrgulifera armata* (variété sans nœuds saillants) et des corps cylindriques d'origine problématique, sont connus des calcaires de Rognac. Puissance calculée : 300^{m}.

» *c.* Grès calcaréo-argileux, très fossilifères, présentant un mélange d'espèces marines et d'espèces saumâtres. Formes les plus abondantes : *Melania, Pyrgulifera, Hydrobia, Cyrena, Anomia Coquandi* Zitt., *Ostrea vesicularis* Lam., *O. acutirostris* Nils, etc.

» *d.* La série qui précède est ininterrompue, mais les strates qui la surmontent sont recouvertes vers l'Ouest par les sables pliocènes, tandis qu'au Nord la vallée de Vagos montre des couches paraissant lui faire suite. Elles contiennent la plupart des espèces saumâtres des couches précédentes, mélangées à un plus grand nombre d'espèces marines : *Glauconia, Pholas, Glycimeris* et surtout *Mytilus.*

» *e.* Encore plus au Nord, les espèces marines deviennent fort rares, tandis que les lits à végétaux et les débris de Vertébrés augmentent en nombre. Ces derniers sont représentés par les genres crétaciques *Teleosteus* et *Osmeroides* et les genres éocènes *Sargus* et *Clastes.* La *flore* présente un mélange de types crétaciques et de formes à affinités tertiaires.

» III. *Graviers d'Esgueira.* — Massif de sables et de graviers d'une cinquantaine

de mètres d'épaisseur, à aspect pliocène, ne présentant de fossiles qu'à la base. Ce sont des lits à végétaux nombreux, mais peu variés, parmi lesquels dominent des conifères et des fougères du crétacique inférieur, tandis que des dicotylées nous ramènent aux flores du crétacique supérieur.

» Outliers. — *Grès à Hoplites Vari var. Marroti.* — Les marécages qui limitent les dunes isolent deux petits affleurements d'un grès fin, contenant une faune très riche en *Gastropodes* et en *Lamellibranches* (*Inoceramus Crispi*) et en outre un *Baculites*, deux *Ammonites* indéterminables, et de nombreux *Hoplites Marroti.*

» *Sables et marnes à végétaux et à Vertébrés.* — A un kilomètre à l'Est du gisement précédent se trouvent des sables contenant des alternances irrégulières de lits d'argile à végétaux, mélange de types du crétacique supérieur et de formes à affinités tertiaires.

» Des gisements à flore identique sont situés plus au Sud; l'un d'entre eux contient en plus de nombreux restes de Vertébrés ayant aussi le même mélange d'affinités.

» Si le plongement vers l'Ouest, observé dans la série contiguë au Turonien, existe aussi sous les sables pliocènes qui la séparent des gisements à végétaux, ceux-ci seraient supérieurs à toute cette série, mais il est probable que les grès à *Hoplites Marroti* partageraient le même sort, et, comme cette espèce est caractéristique du Campanien inférieur, il en résulterait que les marnes à *Pyrgulifera armata* seraient antérieures au Campanien, tandis qu'elles paraissent parallèles aux calcaires de Rognac.

» Il est donc plus probable que les sables pliocènes cachent un relèvement des couches, et, dans ce cas, les grès à *Hoplites Marroti* et les couches à végétaux correspondraient à une hauteur quelconque des grès du Ceadouro.

» *Gisements sur le Paléozoïque.* — A l'est de Coimbra se trouvent des affleurements (*grès du Bussaco*) à flore identique à celle des outliers de Mira. Ils pénètrent dans le massif paléozoïque jusqu'à 40^{km} de son bord occidental. L'analogie pétrographique fait supposer que des grès de même âge se trouvent vers la frontière et à Salamanque.

» *Conclusions.* — Au nord de Mondégo, le Turonien est surmonté par un complexe de grès représentant le Sénonien s. l., c'est-à-dire comprenant le Danien. Malgré tous les points douteux qui existent encore, on peut affirmer les faits suivants :

» Abstraction faite du gisement le plus occidental formé par un grès franchement marin, correspondant au Campanien, ce complexe présente, de la base au sommet, une faune saumâtre mélangée, dans quelques niveaux, à des espèces marines et à des lits à végétaux flottés. Au toit du tiers supérieur se trouve un banc à faune marine contenant des Ammonites sénoniennes.

» Les *Vertébrés,* étudiés par le D[r] Sauvage, appartiennent à des types du Crétacique inférieur, du Maestrichtien, du Danien et du Tertiaire, caractère qui se trouve aussi bien en dessous qu'en dessus du banc à *Pseudotissotia.*

» Les *Végétaux* encore inédits, quoiqu'ils soient en partie étudiés par M. de Saporta et M. W. de Lima, présentent le même mélange que les Vertébrés, tandis que les mollusques peuvent tous être rapportés au Crétacique.

» La fixation de l'âge des grès de Bussaco, profondément disloqués avec le Paléozoïque, fait voir que la cordillière Lusitano-Castillane est postérieure à cette époque, par conséquent, que la meseta ibérique n'est pas restée indemne dès la fin des temps paléozoïques. »

M. **L.-K. Böhm** adresse, de New York, une Note relative au procédé électrique pour la production du carbure de calcium.

La séance est levée à 4 heures.

M. B.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS DANS LA SÉANCE DU 2 AVRIL 1900.

Halos solaires observés le 2 *mai* 1886 *et le* 11 *janvier* 1900, par M. CHEUX. Angers, Germain et G. Grassin, 1900; 1 fasc. in-8°.

La scrofule et les infections adénoïdiennes, par le Dr PAUL GALLOIS. Paris, 1900; 1 vol. in-16. (Présenté par M. Lannelongue pour le concours du prix de Médecine et Chirurgie, fondation Montyon.)

Observation d'un cas rare de kyste dermoïde du médiastin, pneumectomie partielle, guérison, par le Dr RENÉ BELIN. Clermont (Oise), imp. Daix frères, 1900; 1 fasc. in-8°.

Mémoire descriptif. Barrage hydraulique flexible, par M. CHARLES FAGA. Paris, s. d.; 1 opuscule in-8°.

Bulletin météorologique du département de l'Herault, pub. par M. CROVA, année 1899. Montpellier, 1900; 1 vol. pet. in-4°. (Présenté par M. Mascart.)

Bulletin de la Société zoologique de France; t. XXIV. Paris, 1899; 1 vol. in-8°.

Annales d'Hygiène et de Médecine coloniales, recueil publié par ordre du Ministre des Colonies; t. III, n° 1, janvier, février, mars 1900. Paris, Imp. Nationale; 1 fasc. in-8°.

Déterminations magnétiques faites en Russie, dans le gouvernement de Koursk, sous les auspices de la Société impériale russe de Géographie, en 1896, par M. Th. Moureaux. Saint-Pétersbourg, 1898; 1 fasc. in-8°. (Hommage de l'Auteur.)

Ray Society. A monograph of the british Annelids. Part II. *Polychœta,* by William Carmichael Mc Intosh. London, 1900; 1 vol. in-f°.

Memoirs of the Museum of comparative Zoölogy at Harvard College, vol. XXIV. *The Fishes*, by S. Garman; text and plates. Cambridge, U. S. A., 1899; 2 vol. in-4°.

Mensaje del senor presidente de la Republica de el Salvador leido ... el dia 20 *de febrero de* 1900. San Salvador; 1 fasc. in-8°

Informe presentado al senor Ministro de Instruccion publica de la Republica, por el Director del Instituto nacional central, 1899. San Salvador; 1 fasc. in-8°.

Annual Report of the Smithsonian Institution, 1897. *U. S. National Museum.* I. Washington, 1899; 1 vol. in-8°.

The Institution of mechanical Engineers. List of members, february 1900, *articles and by-laws.* London; 1 vol. in-8°.

The Nautical Almanac and astronomical ephemeris for the year 1903. Edinburg; 1 vol. in-8°. (Presented by Authority of the Lords Commissioners of the Admiralty.)

Monthly notices of the Royal Astronomicat Society. Vol. LX. N°s 4, 5. January, february 1900. London; 2 fasc. in-8°.

Meteorological observations at stations of the second order 1896; Official n° 139. Edinburg, 1899; 1 vol. in-4°.

Hourly means, 1896. Official n° 141. London, 1899; 1 vol. in-4°.

Decaden-Monatsberichte des königl. sächs. meteorologischen Institutes, 1898. Jahrgang, I. Chemnitz (Sachsen); 1 fasc. in-4°.

Jahrbuch des Königl. sächsischen meteorologischen Institutes, 1897. Jahrgang XV; III Abtheilung. Chemnitz, 1899; 1 fasc. in-4°.

Bulletin de l'Académie royale des Sciences et des Lettres de Danemark, Copenhague, 1900. N° 1. Kobenhavn; 1 fasc. in-8°.

Öfversigt af konigl. Vetenskaps-Akademiens förhandlingar; Arg. 57, n° 1, 1900. Stockholm; 1 fasc. in-8°.

Ouvrages reçus dans la séance du 9 avril 1900.

Énumération des groupes d'opérations d'ordre donné, par Raymond Le Vavasseur, Paris-Toulouse, s. d; 1 fasc. petit in-4°.

Institut solaire international. Éclipse du Soleil intérieur. Montevideo, république orientale de l'Uruguay, 1900; 1 fasc. in-8°.

Dix-huit opuscules sur la Botanique, par H. Klebhan. (Hommage de l'Auteur.)

Total eclipse of the Sun, 28 mai 1900, by H.-D. Todd and S.-J. Brown. Supplement to the *American Ephemeris* 1900. Washington, 1900; 1 fasc. in-8°.

Le grand Epitome, the fundamental principle and its immediate facts relating man to the world, by C.-A. Bowsher. Champaing, Ill, 1900; 1 fasc. in-18.

Volta e la pila, discorso letto in Como il 18 settembre 1899 dal professor Augusto Righi, inaugurandosi il primo congresso nazionale di elettricisti. Milano, 1900; 1 fasc. in-8°.

Sul fenomeno di Zeeman nel caso generale d'un raggio luminoso comunque inclinato sulla direzione della forza magnetica, Memoria del prof. Augusto Righi. Bologna, 1900; 1 fasc. in-4°.

Veröffentlichung der Königl.-preussischen geodätischen Institutes; neue Folge, n° 1. *Die Polhöhe von Potsdam;* II Heft. Berlin, 1900; 1 fasc. in-4°. (Hommage de M. le prof. Dr Helmert.)

Acta mathematica, journal rédigé par G. Mittag-Leffler, 23 : 1 et 2. Stockholm, Paris, Berlin, 1899; 1 fasc. in-4°. (Offert au nom de l'Auteur par M. Hermite.)

Memorie della Societa degli Spettroscopisti italiani, raccolte e pubblicate per cura dei prof. P. Tacchini ed A. Ricco. Catania, 1900; 1 fasc. in-4°.

Rendiconto dell' Accademia delle scienze fisiche e matematische. Serie 3a, vol. VI, anno XXXIX, fasc. 1 e 2. Napoli, 1900; 1 fasc. in-8°.

Bulletin of the United States fish commission; Vol. XVIII, for 1898. Washington, 1899; 1 vol. gr. in-8°,

The Canadian patent office record and register of copyrights and trade marks; vol. XXVIII, n° 1. Ottawa, 1900; 1 fasc. gr. in-8°.

U. S. A., Department of Agriculture. Monthly weather review; vol. XXVII, nos 1-5, 8, 9. Washington, 1899; 7 fasc. in-4°.

Science of man; journal of the Royal anthropological Society of Australasia. New series, Vol. III, n° 1. Sydney, 1900; 1 fasc. in-4°.

ERRATA.

(Séance du 2 avril 1900.)

Note de M. *Gruey*, Remarques sur le criterium de Tisserand :

Page 878, ligne 5, *au lieu de* $\frac{h}{a'}$, *lisez* $\frac{\rho_0}{a'}$.

COMPTES RENDUS

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 23 AVRIL 1900,

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE LÉVY.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président**, en annonçant à l'Académie la mort de M. *Alphonse Milne-Edwards,* s'exprime comme il suit :

« Mes chers Confrères,

» Je me lève bien souvent, hélas! pour vous annoncer des deuils.

» Émile Blanchard n'est pas encore remplacé, la place de Joseph Bertrand est encore toute imprégnée de sa grande personnalité, et voici que la mort prématurée d'Alphonse Milne-Edwards nous fait deux nouveaux vides : l'un dans la section de Zoologie, celle-là même où manque Blanchard; l'autre, au bureau de l'Académie où manque Joseph Bertrand.

» Joseph Bertrand et Milne-Edwards, deux noms particulièrement chers à l'Académie! Le premier, du moins, se trouve toujours représenté parmi nous. Mais le second, que nous étions habitués à honorer depuis deux gé-

nérations, qui, par une alliance de famille, nous faisait même penser à un autre nom, grand entre tous, celui de J.-B. Dumas, cessera bientôt de figurer sur nos Annuaires.

» Mais il ne cessera pas de demeurer dans nos cœurs et dans la Science où il aura laissé une double et durable empreinte.

» Alphonse Milne-Edwards l'a reçu glorieux. Mais, dès sa jeunesse, il a montré que, comme les voliers qu'il aimait déjà à observer, il avait ses propres ailes.

» Rapidement il a conquis les grades universitaires : le Doctorat en Médecine en 1860, à l'âge de vingt-cinq ans, le Doctorat ès Sciences en 1861, l'agrégation de l'École supérieure de Pharmacie en 1864.

» L'année suivante il fut nommé Professeur de Zoologie à cette École.

» Ses nombreux travaux portent sur la Zoologie générale, l'Anatomie des Mammifères, la Paléontologie.

» Il s'est même essayé dans la Physiologie médicale.

» L'une de ses Œuvres essentielles consiste dans la découverte et la classification d'un très grand nombre d'oiseaux fossiles. L'un de nos anciens confrères les plus illustres le regardait comme un créateur de la Paléontologie ornithologique.

» En 1868, sur la proposition d'Élie de Beaumont, la Commission du prix Bordin donnait comme sujet de ce prix l'*Étude comparative des Faunes et des Flores des diverses parties du globe situées au sud du 25ᵉ parallèle austral.*

» Grande et difficile question qui intéresse à la fois la Zoologie générale et la Géologie. Alphonse Milne-Edwards l'élargit encore, au moins en ce qui concerne les Faunes, en étudiant la distribution des animaux à la surface du globe. Son Mémoire magistral, qui forme un Volume avec de nombreuses planches, fut couronné en 1873.

» En 1876, il fut nommé Professeur de Zoologie au Muséum.

» En 1879, il reçut la suprême consécration de ses efforts et de ses travaux. Il fut élu Membre de l'Académie dans la Section d'Anatomie et de Zoologie.

» Ces succès ne firent qu'accroître son ardeur pour la Science. Ce vaste problème de la distribution géographique des animaux le préoccupait toujours. La grande difficulté qu'il présente vient de ce qu'on ne peut observer directement les Faunes que sur les continents, c'est-à-dire sur un cinquième environ de la surface du globe, à supposer même que la terre ferme pût être partout atteinte. C'est donc un livre dont quatre pages sur cinq se trouvent déchirées d'une façon plus ou moins irrégulière. Pour

retrouver les pages perdues, il faudrait pouvoir observer sous les mers.

» Jusqu'à quelle profondeur sous-aquatique la vie est-elle possible? Et là où la vie contemporaine est impossible, qu'a été la vie d'autrefois quand les océans occupaient d'autres positions?

» Un heureux hasard permit à Alphonse Milne-Edwards d'avoir une donnée importante sur la première de ces deux questions capitales.

» Un câble électrique immergé depuis deux ans entre Cagliari et Bône dut être relevé pour être réparé. Des fragments de ce câble, pêchés à des profondeurs allant jusqu'à 2800^m, furent remis à notre Confrère. Il y trouva adhérents des restes de divers Mollusques et Zoophytes.

» Ces animaux avaient donc vécu à ces profondeurs. Ils avaient bâti leurs nids sur l'armature du câble, fait précieux, de nature à encourager celui qui l'avait découvert, dans ses desseins de sonder systématiquement le fond des mers par la drague pour y cueillir les débris d'êtres soit vivants, soit fossiles, argument puissant aussi à faire valoir pour obtenir de l'État les moyens de réaliser cette œuvre. C'est donc de là que sont sorties les expéditions scientifiques faites, de 1880 à 1885, successivement sur le *Talisman* et le *Travailleur*, expéditions qui ont donné une célébrité à ces deux petits avisos et ont fait connaître le nom de notre Confrère dans le grand public.

» On sait quelle riche moisson y a trouvée la Science, sur les conditions de la vie à des profondeurs d'eau allant jusqu'à 5000^m, c'est-à-dire sous des pressions allant jusqu'à 500 atmosphères et en dehors de toute lumière appréciable.

» La Société de Géographie a voulu récompenser le savant explorateur en lui décernant, en 1884, sa grande médaille d'or.

» En 1885, notre Confrère fut élu membre de l'Académie de Médecine.

» Depuis 1892, il est directeur du Muséum d'Histoire naturelle. Dans cette nouvelle fonction, il a montré un esprit d'ordre et des qualités administratives remarquables. Il y a déployé une activité extraordinaire. Sous son habile gestion, les collections du Muséum et le nombre des animaux du Jardin des Plantes se sont considérablement accrus. Mais il y a usé ses forces. Il est mort à la peine dans tout l'éclat de son talent, toute la limpidité de l'esprit.

» Tous ici, nous avons pu apprécier sa science, sa parole simple, facile et toujours bien appropriée. Il était clair dans ses Communications, courtois dans la discussion, aimable dans les relations particulières.

» L'Académie, à l'unanimité, l'a élu Vice-Président cette année.

» Ses qualités administratives ont pu être aussi utilisées au Bureau et au Comité administratif. Elles l'eussent été davantage si, dans ces derniers temps, il n'avait été retenu par l'état de sa santé. Elles eussent été précieuses si, comme tout permettait de l'espérer, il eût vécu assez pour présider l'Académie l'année prochaine.

» Nos regrets unanimes suivront le savant éminent, l'excellent Confrère et le Vice-Président de l'Académie.

» Je lèverai la séance en marque de deuil, immédiatement après le dépouillement de la Correspondance. »

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les équations linéaires aux dérivées partielles du second ordre et sur la généralisation du problème de Dirichlet.* Note de M. **Émile Picard.**

« 1. Je suis revenu récemment (*Comptes rendus,* 19 juin 1899 et 19 février 1900) sur mes anciennes recherches relatives à l'intégration des équations linéaires du type elliptique au moyen des valeurs données de l'intégrale sur un contour. Dans la seconde de ces Notes, j'ai étudié spécialement le cas où les coefficients a, b, c de l'équation

$$\text{(E)} \qquad \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} = a\frac{\partial u}{\partial x} + b\frac{\partial u}{\partial y} + cu$$

sont des fonctions analytiques de x et y, et j'ai indiqué comment on pouvait obtenir l'intégrale unique de cette équation, supposée continue à l'intérieur d'un contour C régulièrement analytique *suffisamment petit* et prenant des valeurs données sur C, sous la seule condition que cette succession de valeurs forme une fonction continue. Dans mes recherches antérieures (*Journal de l'École Polytechnique,* 1890), je supposais que cette fonction continue avait des dérivées des deux premiers ordres. Comme la solution du problème correspondant à cette hypothèse particulière est essentielle pour l'étude du cas général, je ne crois pas inutile de le reprendre avec plus de détails que je ne l'ai fait en 1890, ce qui me permettra en outre de démontrer quelques remarques que j'avais seulement énoncées.

2. Nous nous plaçons dans le voisinage de l'origine $x = 0$, $y = 0$, et nous considérons un cercle de rayon R suffisamment petit. Désignons par ε un nombre fixe inférieur à l'unité. Puisque a, b, c sont des fonctions ana-

lytiques, on peut mettre a, b, c sous la forme trigométrique

$$\sum_{\nu=0}^{\nu=\infty} (P_\nu \cos\nu\theta + Q_\nu \sin\nu\theta)$$

(en posant $x = r\cos\theta$, $y = r\sin\theta$), où P_ν et Q_ν sont de la forme

$$\left(\frac{r}{R}\right)^\nu \left(p_{0,\nu} + p_{1,\nu}\frac{r^2}{R^2} + \ldots + p_{m,\nu}\frac{r^{2m}}{R^{2m}} + \ldots\right),$$

avec les inégalités

$$|p_{m,\nu}| < H\frac{\varepsilon^{2m}}{(m+1)^3}\,\frac{\varepsilon^{2\nu}}{(\nu+1)^3},$$

H étant un nombre fixe, indépendant de m, ν et R.

» Ceci posé, considérons l'équation

$$(1) \qquad \frac{\partial^2 V}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 V}{\partial y^2} = a\frac{\partial u}{\partial x} + b\frac{\partial u}{\partial y} + cu,$$

u étant une fonction de x et y susceptible d'être mise sous la forme trigonométrique

$$u = \sum_{\nu=0}^{\nu=\infty} (a_\nu \cos\nu\theta + b_\nu \sin\nu\theta),$$

où a_ν et b_ν sont de la forme

$$\left(\frac{r}{R}\right)^\nu \left(\alpha_{0,\nu} + \alpha_{1,\nu}\frac{r^2}{R^2} + \ldots + \alpha_{m,\nu}\frac{r^{2m}}{R^{2m}} + \ldots\right).$$

» Faisons de plus l'hypothèse que

$$|\alpha_{m,\nu}| < \frac{K\varepsilon^{2m}}{(\nu+1)^2},$$

K étant un nombre fixe.

» Cherchons alors l'intégrale V de l'équation (1), continue dans le cercle de rayon R, et s'annulant sur la circonférence C. En posant

$$V = \Sigma(A_\nu \cos\nu\theta + B_\nu \sin\nu\theta),$$

on trouve, pour A_ν et B_ν des expressions de la forme

$$\frac{r^\nu}{R^\nu}\left(\beta_{0,\nu} + \beta_{1,\nu}\frac{r^2}{R^2} + \ldots + \beta_{m,\nu}\frac{r^{2m}}{R^{2m}} + \ldots\right),$$

et l'on a

$$|\beta_{m,\nu}| < \frac{K\eta R}{(\nu+1)^2}\varepsilon^{2m},$$

η étant un nombre fixe, indépendant de m, ν, R. La série qui représente U converge bien sur la circonférence C et y a la valeur zéro.

» 3. Ces préliminaires posés, nous pouvons maintenant effectuer l'intégration de l'équation (E) en procédant par approximations successives, comme je le fais d'habitude dans ces questions. On considère les équations

$$\Delta u_1 = 0,$$
$$\Delta u_2 = a\frac{\partial u_1}{\partial x} + b\frac{\partial u_1}{\partial y} + c u_1, \qquad \left(\Delta u = \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2}\right)$$
$$\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots,$$
$$\Delta u_n = a\frac{\partial u_{n-1}}{\partial x} + b\frac{\partial u_{n-1}}{\partial y} + c u_{n-1}.$$

On intègre la première équation, avec la condition que u_1 prenne sur la circonférence C de rayon R une succession continue de valeurs formant une fonction $f(\theta)$ de l'argument θ, ayant des dérivées continues des deux premiers ordres, et les autres u s'annulant sur C. Alors

$$u_1 = \Sigma a_\nu \cos\nu\theta + b_\nu \sin\nu\theta,$$

où

$$a_\nu = \left(\frac{r}{R}\right)^\nu M_\nu, \qquad b_\nu = \left(\frac{r}{R}\right)^\nu N_\nu,$$

M_ν et N_ν étant les coefficients classiques de Fourier relatifs à la fonction $f(\theta)$; on a donc, d'après les hypothèses faites sur $f(\theta)$,

$$M_\nu < \frac{K}{(\nu+1)^2}, \qquad N_\nu < \frac{K}{(\nu+1)^2} \qquad \text{(K étant fixe).}$$

» Par suite, avec nos notations de plus haut, nous pouvons écrire

$$a_\nu = \left(\frac{r}{R}\right)^\nu \left(\alpha_{0,\nu} + \alpha_{1,\nu}\frac{r^2}{R^2} + \ldots + \alpha_{m,\nu}\frac{r^{2m}}{R^{2m}} + \ldots\right),$$

tous les α étant nuls sauf le premier, et l'on a par conséquent

$$|\alpha_{m,\nu}| < \frac{K\varepsilon^{2m}}{(\nu+1)^2}.$$

» Si l'on intègre alors la seconde équation avec la condition que u_2 soit nul sur le bord, en posant comme plus haut

$$u_2 = \Sigma(A_\nu \cos\nu\theta + B_\nu \sin\nu\theta),$$

où A_ν et B_ν sont de la forme

$$\frac{r^\nu}{R^\nu}\left(\beta_{0,\nu} + \beta_{1,\nu}\frac{r^2}{R^2} + \ldots + \beta_{m,\nu}\frac{r^{2m}}{R^{2m}} + \ldots\right),$$

on aura les inégalités

$$|\beta_{m,\nu}| < \frac{K\eta R}{(\nu+1)^2}\varepsilon^{2m}.$$

» En passant de u_2 à u_3, on aura de même des coefficients ayant pour limites supérieures de leurs valeurs absolues

$$\frac{K(\eta R)^2}{(\nu+1)^2}\varepsilon^{2m},$$

et pour u_n

$$\frac{K(\eta R)^{n-1}}{(\nu+1)^2}\varepsilon^{2m}.$$

» La convergence de la série

$$U = u_1 + u_2 + \ldots + u_n + \ldots,$$

est alors manifeste *si* R *est assez petit pour que* $\eta R < 1$: la fonction U donne la solution du problème.

» De là résulte aussi que l'intégrale U est une fonction analytique de x et y. Tout ceci n'est que, en précisant davantage et en entrant dans le détail de la formation des termes, la démonstration que j'ai donnée autrefois (*Journal de l'École Polytechnique,* 1890) de ce théorème :

» *Toute intégrale de l'équation* E, *bien déterminée et continue dans une certaine région ainsi que ses dérivées des deux premiers ordres, est une fonction analytique.*

» 4. J'ai énoncé (Notes citées) que, dans toute aire *intérieure* au cercle C, les valeurs absolues des dérivées premières et secondes de U sont limitées *en fonction de la valeur absolue maxima de* $f(\theta)$.

» Pour démontrer ce résultat, revenons à l'équation (1) du n° 2, en supposant que les coefficients α du développement de u satisfassent seulement aux inégalités

$$|\alpha_{m,\nu}| < M\varepsilon^{2m},$$

M étant un nombre fixe. Si l'on fait la recherche de l'intégrale V, en se plaçant au point de vue formel, c'est-à-dire sans se préoccuper de la convergence sur la circonférence C, on trouve

$$|\beta_{m,\nu}| < M.\eta R.\varepsilon^{2m}.$$

» Ceci posé, revenons aux approximations successives du nº 3. En désignant par M le maximum de $|f(\theta)|$, nous avons pour u_1

$$|\alpha_{m,\nu}| < 2M.\varepsilon^{2m},$$

car M_ν et N_ν ont des valeurs inférieures à $2M$; donc, en passant de u_1 à u_2, on a

$$|\beta_{m,\nu}| < 2M.\eta R.\varepsilon^{2m}$$

et ainsi de suite. Il est alors facile d'avoir une limite supérieure des dérivées premières et secondes des u pour

$$r \leqq R.\vartheta,$$

ϑ étant un nombre fixe, d'ailleurs quelconque, inférieur à l'unité. Les séries formées avec les valeurs absolues de ces dérivées seront manifestement (dans l'hypothèse $\eta R < 1$) limitées en fonction de M; donc, *dans une aire* Γ *intérieure à* C, nous avons pour les valeurs absolues des dérivées premières et secondes de U la limite supérieure λM, en désignant par λ une constante indépendante de la fonction $f(\theta)$.

» J'ai énoncé encore que la valeur absolue de U est limitée en fonction de M *dans le cercle* C *tout entier*. Pour le démontrer, nous n'avons qu'à remarquer que si R est assez petit, on peut avoir une intégrale z de l'équation restant positive et différente de zéro dans le cercle. Si l'on pose alors $U = zV$, on aura pour V une équation de la forme

$$\Delta V = a_1 \frac{\partial V}{\partial x} + b_1 \frac{\partial V}{\partial y},$$

mais nous savons qu'une intégrale de cette équation ne peut avoir dans C ni maximum ni minimum; par suite, dans C, on a $|V| < M_1$, en désignant par M_1 la valeur absolue maxima de V sur la circonférence. Donc enfin, si m et m_1 désignent respectivement le minimum et le maximum de $|z|$ dans C, on aura

$$|U| < \frac{m_1}{m} \cdot M,$$

M étant le maximum de $|f(\theta)|$; c'est ce qu'il fallait montrer.

» Ainsi se trouvent démontrés les résultats que je n'avais fait qu'énoncer. Quant à l'étude du cas où $f(\theta)$ serait une fonction supposée seulement continue (et périodique, bien entendu), je l'ai faite assez explicitement (*Comptes rendus*, 19 février 1900) pour qu'il ne soit pas nécessaire d'y revenir.

» 5. Dans un de mes Mémoires sur les équations aux dérivées partielles, j'ai considéré particulièrement l'équation

$$(I) \qquad \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + a\frac{\partial u}{\partial x} + b\frac{\partial u}{\partial y} + cu = 0,$$

dans une région du plan où le coefficient c est négatif ou nul. Dans un contour quelconque C, régulièrement analytique, une intégrale continue est complètement déterminée par ses valeurs sur le bord, et j'ai démontré l'existence de cette solution unique au moyen d'un procédé d'extension permettant de passer d'une aire à une aire plus grande, procédé qui s'étend, d'ailleurs, à des équations non linéaires (*Journal de Math.*, 1898). On peut cependant faire une objection à un point de la démonstration. J'admets implicitement (voir p. 301, *Journal de Math.*, 1896) la proposition suivante :

» *Étant donné un contour* C, *on considère une succession de fonctions en nombre infini*

$$u_1, \quad u_2, \quad \ldots, \quad u_n, \quad \ldots$$

vérifiant l'équation (I), *et telles que l'on ait*

$$u_n| < \varepsilon_n \qquad \text{(sur C)},$$

les ε *étant des constantes pour lesquelles la série* $\varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \ldots + \varepsilon_n + \ldots$ *converge;* la série

$$U = u_1 + u_2 + \ldots + u_n + \ldots,$$

évidemment convergente dans C, satisfera à l'équation différentielle (I).

» Après ce qui précède, il est facile d'établir en toute rigueur le théorème précédent. Considérons, en effet, à l'intérieur de l'aire limitée par C un petit cercle Γ; on a, dans Γ et sur Γ,

$$|u_n| < \varepsilon_n.$$

» D'autre part, dans une aire intérieure au cercle Γ, les dérivées premières et secondes de u_n sont limitées en fonction de ε_n. On en conclut que dans cette aire la fonction U a des dérivées premières et secondes représentées par les séries des dérivées premières et secondes des u. Il est

alors légitime d'additionner les relations en nombre infini

$$\frac{\partial^2 u_n}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u_n}{\partial y^2} + a\frac{\partial u_n}{\partial x} + b\frac{\partial u_n}{\partial y} + cu_n = 0,$$

pour en tirer

$$\frac{\partial^2 U}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 U}{\partial y^2} + a\frac{\partial U}{\partial x} + b\frac{\partial U}{\partial y} + cU = 0,$$

et cette relation est vérifiée pour tous les points à l'intérieur du cercle Γ et, par suite, pour tous les points à l'intérieur de l'aire limitée par C. Toute difficulté a donc disparu. »

THERMOCHIMIE. — *Sur les chaleurs de combustion et de formation des composés iodés;* par M. **Berthelot**.

« J'ai entrepris une étude méthodique des chaleurs de combustion et de formation des composés organiques iodés les plus simples et les plus importants.

» L'emploi de la bombe calorimétrique et de l'oxygène comprimé offre à cet égard des facilités toutes particulières. En effet, la combustion des corps iodés s'y effectue avec mise en liberté de la totalité de l'iode, sans dose sensible d'acide iodhydrique ou d'acide iodique : c'est ce que j'avais reconnu, il y a une vingtaine d'années, lors de mes premiers essais; je l'ai vérifié dans mes nouvelles études, plus approfondies.

» En outre, j'ai observé que les composés les plus riches en iode, tels que l'iodoforme, CHI^3, et l'éthylène periodé, C^2I^4, brûlent aisément et entièrement dans l'oxygène comprimé, contrairement aux opinions reçues d'après leur difficile combustibilité apparente au contact de l'air. Il suffit d'une faible amorce de coton-poudré pour en déterminer la combustion dans la bombe.

» J'ajouterai qu'en raison de la proportion centésimale minime du carbone contenu dans les composés iodés les plus simples, j'ai dû employer des poids considérables de ces composés, poids s'élevant jusqu'à 8^{gr} dans certains cas, afin d'obtenir des quantités de chaleur suffisantes pour assurer la précision des déterminations.

» Voici les résultats observés; je les énumérerai brièvement.

I. Formène monoiodé ou Éther méthyliodhydrique : $CH^3I = 142$; liquide.

» Distillé, a point fixe (41°) et analysé ([1]).

» *Combustion*. 2 opérations : 1374^cal,1 et 1387^cal,6 pour 1^gr.

	Cal
Soit pour le *poids moléculaire* à volume constant.........	196,1
» à pression constante.......	196,5
Formation par les éléments (C diamant + H^3 + I solide)..	+1,3

II. Formène biiodé ou Iodure de Méthylène : $CH^2I^2 = 268$; liquide.

» Rectifié sous pression réduite (39^mm) à 88° et analysé ([2]).

» 3 *combustions* sur des poids compris entre 5^gr,252 et 3^gr,356 : 667^cal,7, 664^cal,4, 662^cal,2 pour 1^gr.

	Cal
Soit pour le *poids moléculaire* à volume constant........	178,1
» à pression constante......	178,4
Formation par les éléments.........................	−14,9

III. Formène triiodé (Iodoforme) : $CHI^3 = 384$; cristallisé.

» Analysé ([3]). — 3 *combustions* sur des poids compris entre 4^gr,229

			Calculé.
(1)	C............................	8,68	8,41
	H............................	2,26	2,11
	I............................	89,19	89,48
		100,13	

			Calculé.
(2)	C............................	4,55	4,49
	H............................	0,81	0,74
	I............................	94,57	94,77
		99,93	

			Calculé.
(3)	C............................	3,12	3,05
	H............................	0,36	0,25
	I............................	96,46	96,70
		99,94	

et $4^{gr},815$ (²) : $411^{cal},8$ (¹), $410^{cal},7$, $409^{cal},3$ pour 1^{gr}.

	Cal
Pour le poids moléculaire à volume constant	161,8
» à pression constante	161,9
Formation par les éléments	—33,1

» On a dès lors le Tableau suivant des chaleurs de formation :

			Différence brute.	État gazeux.
CH^4 gaz.......	+ 18,9	»		
CH^3I liq.	+ 1,3	gaz. —4,2	— 17,6	— 23,1
CH^2I^2 liq......	— 14,9	»	— 17,0	»
CHI^3 solide....	— 33,1	»	— 18,2	»

» D'après ces chiffres, la substitution iodée (I solide substitué à H gaz ; tous les corps dans leur état actuel) absorbe de la chaleur, en quantité à peu près proportionnelle au nombre d'atomes substitués; le chiffre étant un peu plus fort pour le composé triiodé.

» Dans l'état gazeux, le calcul ne peut être fait que pour CH^3I,

$CH^4 + I^2$ gaz. = CH^3I gaz. + HI, absorbe .... — 17,4

IV. Éthane iodé (Éther éthyliodhydrique) : $C^2H^5I = 156$; liq.

» Rectifié à 71°.

» Analysé (²). — 2 *combustions*, $2274^{cal},2$, $2281^{cal},1$ pour 1^{gr}.

Pour le poids moléculaire à volume constant	$355^{Cal},4$
» à pression constante.........	$356^{Cal},0$
Formation par les éléments.............	+ 5,12 liq. — 24 gaz.
Différence avec l'iodure de méhyle : + 3,8.	
Substitution I solide à H gaz : C^2H^6(+ $23^{cal},3$)	— $18^{Cal},2$

(¹) I libre, dans 5^{cc} d'eau intérieure 0,0097
I total » 0,0100

c'est-à-dire absence de HI.

(²)

		Calculé.
C..............................	15,61	15,38
H..............................	3,27	3,20
I..............................	80,49	81,62
	99,87	

V. ÉTHER PROPYLIODHYDRIQUE NORMAL : $C^3H^7I = 170$; liquide.

» Rectifié à 103° ($H = 0^m,743$). Analysé ([1]).

» 3 *combustions*. Poids : $1^{gr},467$ à $1^{gr},958$; $3008^{cal},7$; $3016^{cal},5$; $3015^{cal},2$ pour 1^{gr}.

Pour le poids moléculaire à volume constant	$512^{Cal},3$
» à pression constante	$514^{Cal},3$
Formation par les éléments	$+10^{Cal},2$
Différence avec l'iodure d'éthyle	$+5^{Cal},1$

» Substitution de I solide à H gaz : C^3H^8 étant +30,5, on a : −20,3, nombre de l'ordre de grandeur des chiffres observés avec les homologues.

VI. IODURE D'ISOPROPYLE : $C^3H^7I = 170$; liquide.

» Rectifié. Analysé ([2]).

» 3 *combustions :* $2986^{cal},7$; $2986^{cal},8$; $2980^{cal},9$ pour 1^{gr}.

Pour le poids moléculaire à volume constant	$507^{Cal},4$
» à pression constante	$509^{Cal},1$
Formation par les éléments	$+15^{Cal},0$

» Excès de +4,8 sur son isomère; du même ordre de grandeur que pour l'alcool et l'aldéhyde isopropylique, comparés aux isomères de la série normale.

» Voici maintenant des corps appartenant à d'autres fonctions ou constitutions.

			Calculé.
(1)	C	21,23	21,17
	H	4,15	4,11
	I	74,44	74,71
		99,82	

			Calculé.
(2)	C	21,31	21,17
	H	4,19	4,11
	I	74,79	74,72
		100,29	

VII. Iodure d'allyle : $C^3H^5I = 168$; liquide.

» Rectifié. Analysé (¹). 3 *combustions*, $2833^{cal},7$; $2839^{cal},3$; $2842^{cal},3$ pour 1^{gr}.

	Cal
Pour le poids moléculaire à volume constant.........	476,85
» à pression constante........	478,33
Formation par les éléments........................	— 22,9

Admettant

	Cal
C^6H^6, gaz..	— 9,4

on a

Substitution : I à H..............................	— 13,5

La différence de la chaleur de formation de l'iodure d'allyle avec l'iodure de propyle est $-33,1$; c'est la même différence qu'entre les alcools correspondants : $-33,1$.

VIII. Benzine iodée : $C^6H^5I = 204$; liquide.

» Rectifiée. Analysée (²). 3 *combustions*, $3772^{cal},9$; $3776^{cal},9$; $3773^{cal},4$ pour 1^{gr}.

	Cal
Pour le poids moléculaire à volume constant.........	770,0
» à pression constante.......	770,7
Formation par les éléments........................	— 32,3
C^6H^6 répond à......................................	— 4,1
Donc la substitution I à H..........................	— 28,2

(¹)

		Calculé.
C............................	21,65	21,43
H............................	2,98	2,98
I............................	75,24	75,49
	99,89	

(²)

		Calculé.
C............................	35,03	35,29
H............................	2,56	2,45
I............................	62,00	62,26
	99,59	

IX. Acide iodobenzoique (ortho) : $C^7H^5IO^2 = 248$; cristallisé.

» Analysé (¹). 3 *combustions :* $3112^{cal},3$; $3100^{cal},3$; $3095^{cal},0$, pour 1^{gr}.

	Cal
Pour le *poids moléculaire* à volume constant.......	769,4
» à pression constante.....	769,6
Formation par les éléments.....................	+ 63,1
C^7H^6O cristallisé étant...........................	+ 94,2
La substitution I à H...........................	— 31,1

X. Acide iodosalicylique (oxybenzoique ortho) : $C^7H^5IO^3 = 264$; cristallisé.

» Purifié par reprécipitation. Analysé (²). 3 *combustions :* $2684^{cal},0$; $2673^{cal},2$; $2671^{cal},8$, pour 1^{gr}.

	Cal
Pour le *poids moléculaire* à volume constant.......	+706,5
» à pression constante.....	+706,4
Formation par les éléments.....................	+126,3
$C^7H^6O^3$ étant (nouvelle détermination)...........	+138,8
La substitution I à H...........................	— 12,5

Cette dernière valeur semble un peu faible.

XI. Acide diiodosalicylique : $C^7H^4I^2O^3 = 390$; cristallisé.

» Purifié par reprécipitation. Analysé (³). 3 *combustions :* $1796^{cal},4$; $1799^{cal},1$; $1790^{cal},2$, pour 1^{gr}.

	Cal
Pour le *poids moléculaire* à volume constant.......	700,2
» à pression constante.....	699,9
Formation par les éléments.....................	+ 98,3
Substitution I à H dans l'acide précédent..........	— 28,0

(¹)

	Trouvé.	Calculé.
C..............................	34,0	33,87
H..............................	2,08	2,05
I..............................	50,9	51,20

(²)

	Trouvé.	Calculé.
C..............................	31,60	31,81
H..............................	1,97	1,89
I..............................	48,03	48,11

(³)

	Trouvé.	Calculé.
C..............................	21,31	21,54
H..............................	1,17	1,02
I..............................	64,87	65,13

» La première substitution donne une valeur beaucoup plus faible, soit en raison de quelque impureté, soit qu'il y ait d'abord un changement d'état ou de constitution; tandis que la seconde substitution (— 28,0) concorde avec la benzine iodée (— 28,2) et l'acide benzoïque iodé (—31,1).

» Quoi qu'il en soit, tous ces nombres négatifs expliquent pourquoi l'iode ne se substitue pas directement à l'hydrogène dans les composés organiques, à la façon du chlore. On n'obtient les composés iodosubstitués qu'en faisant intervenir une énergie supplémentaire, empruntée soit à une double décomposition, soit à une oxydation simultanée, effectuée par exemple avec l'acide iodique; soit à une polymérisation d'une portion des corps mis en réaction.

» Voici maintenant des composés très riches en iode :

XII. Iodure d'éthylène : $C^2H^4I^2 = 282$; cristallisé.

» Ce corps n'est pas l'homologue véritable du prétendu iodure de méthylène, lequel correspond en réalité à un iodure d'éthylidène.

Analysé (¹). 3 *combustions* sur des poids compris entre $3^{gr},791$ et $5^{gr},113$: $1143^{cal},7$, $1151^{cal}2$, $1156^{cal},2$ pour 1^{gr}.

	Cal
Pour le *poids moléculaire* à volume constant.......	324,3
» à pression constante.....	324,9
Formation par les éléments.....................	+ 1,7
C^2H^4 gazeux + I^2 solide = $C^2H^4I^2$ solide...........	+ 16,3

» Comparons cette valeur avec les suivantes, établies pour des états correspondants de l'élément halogène et de son composé, afin de rendre les résultats aussi comparables que possible, en compensant le changement d'état de part et d'autre.

$C^2H^4 + Cl^2$ gazeux $= C^2H^4Cl^2$ gazeux............	$+49^{Cal},0$
$C^2H^4 + Br^2$ liquide $= C^2H^4Br^2$ liquide............	$+29^{Cal},3$

» La chaleur de formation va en diminuant du composé chloré au composé bromé, puis au composé iodé, suivant une progression très générale

(¹)

	Cal	Cal
C................................	8,45	8,54
H................................	1,45	1,42
I................................	90,3	90,4
	100,2	

dans les composés des éléments halogènes avec l'hydrogène et les métaux. Mais les différences respectives $\frac{19,7}{2}$ et $\frac{13,0}{2}$, pour un atome d'halogène, sont moindres qu'entre les combinaisons de ces mêmes éléments avec l'hydrogène et certains métaux : d'où résulte la possibilité de doubles décompositions avec substitutions inverses, comme je l'ai développé ailleurs.

XIII. Ethylène periodé (Diiodoforme) = 532 ; cristallisé.

» Analysé (¹). — 3 *combustions;* sur les poids $6^{gr},442$ à $8^{gr},273$: $402^{cal},1$; $493^{cal},0$; $490^{cal},2$ pour 1^{gr}.

	Cal
Pour le *poids moléculaire* à pression constante et volume constant......	261,6
Formation par les éléments	— 73,0

» Or on a pour

C^2H^4.. .	— 14,6

» La différence, c'est-à-dire $-58,4 = -14,6 \times 4$ répond à la substitution de I^4 solide à H^4 gazeux. Elle est du même ordre de grandeur que pour le formène et l'éthane.

XIV. Pyrrol iodé (Iodol) : $C^4HI^4Az = 571$; solide.

» J'ai examiné un composé désigné sous ce nom par la maison Schuchardt : son analyse répondait à la formule.

» C'est un corps explosif par échauffement.

» 3 *combustions :* sur des poids compris entre $2^{gr},780$ et $3^{gr},698$. Elles ont fourni $886^{cal},2$; $877^{cal},9$; $880^{cal},2$ pour 1^{gr}, soit :

	Cal
Pour le *poids moléculaire* à volume constant	503,3
» à pression constante	503,1
Formation par les éléments........................	— 91,4

Le pyrrol C^4H^5Az répondant à -18^{Cal}, la substitution I^4 à H^4, répond à $-73,4 = -18,45 \times 4$: valeur voisine de celle qui répond en général à cet ordre de substitutions. »

(¹)

	Trouvé.	Calculé.
C............................	4,59	4,52
H............................	0,07	0,00
I............................	94,8	95,48
	99,46	

BALISTIQUE. — *Sur le tracé des rayures dans les bouches à feu.* Note de M. VALLIER.

« Les formules que j'ai communiqués à l'Académie dans les séances des 29 mai et 31 juillet dernier, relativement à la loi des pressions ou, pour mieux dire, des accélérations du mouvement du projectile dans les bouches à feu, tout en n'étant qu'approchées, se prêtent cependant à bien des applications.

» C'est ainsi que, dans une première Note communiquée le 6 novembre 1899, j'ai pu montrer comment on pouvait en déduire un tracé rationnel des freins hydrauliques.

» Aujourd'hui, la même méthode me semble se prêter à la détermination la plus avantageuse de la génératrice des rayures d'une bouche à feu.

» On sait qu'après avoir été tracées à pas constant, au début des canons rayés, ces rayures furent ensuite établies suivant une directrice parabolique, dans le but d'atténuer les efforts au moment des fortes pressions, et ce mode de génération fut conservé sans conteste jusque dans ces derniers temps.

» Cependant, des expériences comparatives conduisirent, en 1893, sir Andrew Noble à formuler que cette solution n'était pas satisfaisante ; que, si elle réduisait les efforts à l'origine du mouvement, elle faisait par contre supporter au canon, dans le voisinage de la bouche, des fatigues trop considérables et qu'enfin, pour une même énergie de rotation communiquée au mobile, elle absorbait plus de puissance que le dispositif à pas uniforme.

» Il est juste de dire également que, dès 1862, M. Terquem avait émis l'idée que le tracé le plus avantageux serait celui à accélération rotative constante; mais il s'est appuyé depuis, pour déterminer la directrice, sur une loi hypothétique admettant, d'une part, la combustion instantanée de la charge et, d'autre part, un exposant de détente égal à 2. Les règles déduites de cette double hypothèse se trouvent naturellement en défaut, surtout avec les poudres très lentes dont il est fait le plus souvent usage aujourd'hui.

» Dans son Mémoire « Sur l'action de la poudre sans fumée dans l'âme des canons », M. Zaboudski a repris à nouveau l'idée de la régularisation des efforts, et, l'appliquant à une série de pressions réalisées expérimen-

talement, a montré qu'il était préférable, lorsque l'on employait une parabole directrice, de la déterminer par la condition que les accélérations rotatives fussent égales à l'instant du maximum de pression et à celui de la sortie du projectile. Il a montré que l'on substituerait ainsi à la série d'efforts observés de

$$5^t,89 \quad 6^t,49 \quad 7^t,09 \quad 7^t,55 \quad 7^t,77 \quad 8^t,26 \quad 8^t,71 \quad 8^t,89 \quad 8^t,96$$

celle beaucoup plus homogène de

$$7^t,22 \quad 7^t,56 \quad 7^t,65 \quad 7^t,48 \quad 7^t,36 \quad 7^t,19 \quad 7^t,17 \quad 7^t,19 \quad 7^t,23$$

» Cette solution ne peut en général s'appliquer, puisqu'on ne connaît pas les éléments de ce point de pression maximum. Mais précisément les formules que j'ai communiquées permettent de les évaluer avec une approximation suffisante, et de réaliser ainsi la solution indiquée par M. Zaboudski.

» En conservant en effet les notations déjà employées et désignant en outre par :

η l'angle d'inclinaison de la rayure sur l'axe de l'âme,
r le rayon du projectile,
$m\mu r^2$ son moment d'inertie axial,
$y=f(u)$ l'équation de la directrice développée,

on démontre aisément que la résistance à la rotation R a pour expression en chaque point, l'angle η étant toujours très petit,

$$(1) \qquad R = \omega P \mu \operatorname{tang}\eta + m\mu u'^2 y''.$$

» Dans une parabole directrice, on a

$$\begin{aligned} y &= f(u) = 2Ku(b+u), \\ y' &= \operatorname{tang}\eta = 2K(b+u), \\ y'' &= 2K, \end{aligned}$$

ce qui donne pour la résistance

$$(2) \qquad R = \omega P \mu \operatorname{tang}\eta + 2Km\mu u'^2,$$

M. Zaboudski écrit donc

$$\omega P \operatorname{tang}\eta_0 + 2Kmu_0'^2 = \omega P' \operatorname{tang}\Upsilon + 2KmU'^2,$$

avec

$$2K = \frac{\operatorname{tang}\Upsilon - \operatorname{tang}\eta_0}{U - u_0},$$

d'où il tire la valeur de $\tan\eta_0$ sous la forme

$$\operatorname{tang}\eta_0 = \frac{\omega P'(U - u_0) + m(U'^2 - u_0'^2)}{\omega P(U - u_0) + m(U'^2 - u_0'^2)} \operatorname{tang}\Upsilon.$$

» Mais en général les valeurs de P', u_0, u'_0 sont inconnues, tandis qu'en introduisant nos formules dans cette expression, on la ramène à la forme

$$\operatorname{tang}\eta_0 = \frac{\alpha[1 - \Phi(\alpha)]\,P(\alpha) + 1 - V^2(\alpha)}{\alpha[1 - \Phi(\alpha)] + 1 - V^2(\alpha)} \operatorname{tang}\Upsilon,$$

ou, avec une erreur insignifiante,

$$\operatorname{tang}\eta_0 = \frac{1 + \alpha P(\alpha)}{1 + \alpha} \operatorname{tang}\Upsilon.$$

» On trace ainsi sans difficulté la parabole directrice, car α est une donnée de la question, déduite de la pression maximum et de la vitesse initiale, et l'on détermine à l'aide de α tous les éléments de la courbe.

» Cette théorie de la rayure parabolique peut se compléter comme il suit :

» L'expression de la résistance étant, comme nous l'avons écrit plus haut,

$$(2) \qquad R = \omega P \mu \operatorname{tang}\eta + 2K\mu m u'^2$$

avec

$$\operatorname{tang}\eta = 2K(b + u),$$

ou

$$(3) \qquad R = 2K\mu[mu'^2 + \omega P(b + u)] = 2Km\mu[u'^2 + (b + u)u''];$$

on peut étudier la variation de cette résistance et rechercher dans quel cas elle présente un maximum ou un minimum. A cet effet, prenant la dérivée de R par rapport à t, ce qui donne, en enlevant les facteurs constants

$$(4) \qquad R' = 2Km\mu[3u'u'' + (b + u)u''']$$

et remplaçant u, u', u'', u''' par leurs valeurs en fonction de z et des constantes du problème, comme il est indiqué dans la Communication du 29 mai 1899, on écrira

$$(5) \qquad 3ze^{-z}(1 - \overline{1 + ze^{-z}}) + e^{-z}(1 - z)[A + z - 2 + (z + 2)e^{-z}] = R',$$

où

$$A = 0{,}104\, b : u_0.$$

» On peut, dans cette expression, enlever le facteur e^{-z} sans changer l'allure de R' et ramener ainsi à l'étude de la fonction

$$R'_1 = 3z + (1-z)(z-2) + (1-z)A + e^{-z}[(z-2)(1-z) - 3z(1+z)]$$
$$= 6z - z^2 - 2 + A(1-z) + e^{-z}(2 - 4z - 4z^2).$$

» Dans le cas où $b = 0$, ce qui entraîne $A = 0$, c'est-à-dire lorsque le sommet de la parabole est à l'origine, le polynome R'_1 est constamment positif jusqu'à ce que $z = 5,54$. Cette valeur est supérieure aux valeurs de z obtenues dans la pratique. Donc, dans la rayure parabolique du deuxième degré, la pression sur la paroi va constamment en croissant dans l'âme, si le sommet est à l'origine.

» Dans le cas où le sommet n'est pas à l'origine, le terme b et par suite A n'est pas nul. En faisant dans R'_1 $z = 0$ et $z = 1$, on voit qu'il y a une racine entre 0 et 1, c'est-à-dire tout au début du mouvement, si l'on a $A > 2$ ou $b > 20 u_0$. A partir de cette racine, la résistance décroîtra jusqu'à un certain minimum, pour croître ensuite jusque vers l'unité pour $z = +\infty$. Ce minimum se produit entre $z = 3$ et $z = 4$, c'est-à-dire avec des poudres lentes.

» Si l'on construit la courbe de la résistance dans le cas où $b = 0$, avec son maximum pour $z = 5,54$, on a, en portant les ordonnées au-dessous de l'axe des z, le tracé figuré de l'effort principal. En construisant au-dessus la courbe des pressions, à une échelle convenable et proportionnelle à la valeur de b, l'ordonnée totale comprise entre les deux courbes mesurera la résultante. Si b est très petit, cette ordonnée ira toujours en croissant, au moins jusqu'en $z = 5,54$; pas de maximum. Si b est très grand, on voit l'ordonnée totale croître d'abord, puis passer par un minimum, pour remonter à un maximum et tendre enfin vers l'unité. »

PALÉONTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur les troncs debout, les souches et racines de Sigillaires*. Note de M. **Grand'Eury**.

« On a signalé dans le terrain houiller, un peu partout, des troncs de Sigillaires placés normalement aux couches, ronds, non aplatis. Ils sont particulièrement nombreux au nord de l'Angleterre, en Haute-Silésie à Zalense, en Belgique au Bois d'Avroy, à Sarrebruck, au Canada, etc. Ils sont également communs dans le centre de la France, se rapportant en partie, à Saint-Étienne, au *Sigillaria spinulosa* Ger.; à Bessèges, au *Sig. polleriana* Br.

» Dans l'étage Westphalien où les Lépidodendrons abondent avec les Sigillaires, quelques-uns de ces troncs trouvés debout se rattachent très probablement aux premières tiges. Mais, comme ils ont été aperçus la plupart du temps dans la mine, leur examen n'a pu être que superficiel, et l'on n'est pas encore parvenu à distinguer nettement, d'une manière incontestable, la base des tiges, la souche et les racines de Lépidodendron de celles de Sagillaire. A Saint-Étienne, où les Lépidodendrons sont rares, je n'en ai pas encore découvert les racines en rapport avec les tiges; je soupçonne seulement, à ce sujet, que le fossile décrit dans la flore carbonifère du Gard sous le nom d'*Acanthophyllites* représente la souche de quelque type de Lépidodendrée. Par contre, les troncs enracinés de Sigillaires sont fréquents et faciles à observer dans les carrières à ciel ouvert des environs de Saint-Étienne; j'en ai fait une étude attentive, que je résume comme suit.

» *Syringodendron*, st. — La base des tiges de Sigillaire est tronconique, d'un diamètre variant de $0^{m},50$ à $1^{m},50$, représentée par une mince écorce de houille entourant un noyau pierreux. Ce noyau ou moule interne est marqué, à la surface, de glandes simples ou géminées, caractéristiques des *Syringodendron*. Leur enveloppe charbonneuse intacte, formant un cercle complet, dénote déjà des tiges en place; car, réduites à une écorce fragile, elles n'auraient pas subi le moindre transport sans se déformer et se déchirer.

» En bas, les *Syringodendron* s'évasent et se prolongent par de grosses racines stigmarioïdes (*Stigmariopsis*), plusieurs fois ramifiées, courtes, ne s'étendant pas à plus de 1^{m} des tiges, garnies à l'extrémité d'appendices radicellaires obliques entiers.

» Du dessous des grosses racines étalées se détachent ordinairement d'autres assez fortes racines plongeantes, perpendiculaires aux premières, terminées comme elles par un pinceau de radicelles; ces racines et radicelles ont visiblement repoussé et troué la roche sous-jacente, y compris les empreintes végétales contenues.

» D'après tout cela, il n'y a pas de doute que les souches et les racines de Syringodendron debout ne se soient développées dans le terrain qui nous les a conservées dans toute leur intégralité et dans leur position relative de croissance.

» Le doute n'est permis qu'à l'égard de certains troncs verticaux reposant, comme par une section transversale, sur des couches de charbon ou d'argile, troncs que, pour cela, le R. P. Schmitt considère comme ayant

èté transportés par les eaux et déposés par elles dans cette position. La partie supérieure en est toujours tronquée; toujours, également, la partie inférieure s'épanouit, se continuant par des racines expalmées, rampant sur lesdites roches comme si elles eussent répugné, par crainte d'asphyxie, à y pénétrer. Et, sans nier l'existence de tiges charriées et échouées debout, je ne crois pas que le fait s'applique même à ces Syringodendrons qui, par la conformation de leur base, ont pu s'étendre à plat sur ces roches particulières.

» Les Syringodendrons debout ne sont d'ailleurs pas isolés, distribués au hasard de la sédimentation : quand on en rencontre un, on peut s'attendre à en trouver d'autres dans le voisinage; ils sont groupés, formant des colonies clairsemées, et, si je ne les avais pas découverts naissant de rhizomes épuisés et par cela même presque effacés, cela, joint au développement imparfait de quelques-uns restés à l'état de tiges coniques ou même d'énormes tubercules, m'aurait conduit à prévoir que les Sigillaires se sont répandues et multipliées à la manière des plantes traçantes. A l'appui de cette thèse et du développement sur place, faut-il encore citer ce fait que, entre les Syringodendrons de la même colonie, on trouve parfois les tiges, feuilles, épis et macrospores des Sigillaires correspondantes, qui sont tombés et se sont stratifiés au pied de ces arbres pendant leur existence?

» A la base et autour des Syringodendrons, la roche ne change pas, ils n'en ont pas altéré le dépôt comme les *Psaronius;* ils ne penchent pas, ne sont pas déformés, et il est plus que probable que, très limités en hauteur, ils ont poussé tels qu'ils sont enchâssés dans le terrain, avec leurs souche et racines ([1]). Sans cela, les troncs à racines expalmées, sur le charbon ou l'argile, n'auraient pas tenu en place.

» A voir, dans les forêts fossiles, les Syringodendrons se dresser parmi les autres tiges enracinées, on juge qu'ils ont vécu dans les mêmes conditions, sur sol inondé ou dans les marais. Il m'est impossible de croire, comme M. Dawson, qu'ils aient pris pied sur un terrain non submergé. A quelle profondeur d'eau prenaient-ils racines? On ne peut répondre à cette question que quand les Syringodendrons portent, en haut, des cicatrices ou, mieux encore, des feuilles rigides aériennes de Sigillaires. Ces signes et organes se sont montrés à la fois à la Grand'Combe à 1^m et $1^m,50$ au-dessus des racines de tiges qui ont, par conséquent, poussé dans des eaux très

---

([1]) Aucun appendice ne se remarquant en dehors de la tige, en face des glandes de son moule interne, celles-ci tiennent lieu et place de feuilles avortées.

peu profondes. Mais ce cas est exceptionnel, les Syringodendrons conservent leurs caractères de bas en haut; il y en a de 3^m à 4^m, quelques-uns couchés mesurent 7^m à 8^m, provenant de tiges de Sigillaires qui ont eu à traverser une épaisseur de terre et d'eau au moins aussi grande pour atteindre l'air et y produire leurs feuilles.

» *Souches et racines de Sigillaires, sans tiges.* — Un autre mode de gisement de ces plantes enracinées se présente souvent à Saint-Étienne, sous la forme plus incomplète de souches et racines de tout point identiques à celles des Syringodendrons, mais non surmontées de tiges. C'est principalement sur les argiles schisteuses, de dépôt tranquille, que se trouvent ces souches sans tiges; elles sont alors serrées les unes près des autres, intactes, et en place au même titre que les Stigmaria.

» Dans ce cas, la nature de la roche de fond, l'exiguïté des souches disproportionnées aux hautes tiges qu'elles ont soutenues, la rupture constante de celles-ci à la base, tout nous représente ces Sigillaires comme ayant poussé leurs tiges entièrement hors du sol de végétation, dans les eaux mortes des marais houillers, en tout cas à l'abri de toute cause violente qui les aurait renversées et en aurait arraché quelques racines.

» Nous avons vu plus haut que les Sigillaires pouvaient aussi prospérer dans les eaux courantes, sur les aires de dépôts exposées aux atterrissements.

» Il en est de même des autres tiges enracinées du terrain houiller : souples, vigoureuses et envahissantes, elles paraissent s'être pliées à toutes les circonstances compatibles avec leur station subaquatique de plantes palustres. »

MÉMOIRES PRÉSENTÉS.

PHYSIQUE. — *Réponse à une réclamation de priorité de M. Curie.* Note de M. **Gustave Le Bon.** (Extrait.)

(Renvoi à la Section de Physique.)

« M. Curie formule une réclamation de priorité relative à la non-polarisation des radiations des corps radio-actifs. Près de trois ans auparavant (*Revue scientifique*, mai 1897), j'avais contesté cette polarisation, à une époque où elle était universellement admise.

» Le but de ma dernière Note était de montrer que les phénomènes dits *de radio-activité* appartiennent à un grand nombre de corps. C'est ce que j'avais dit déjà, il y a près de trois ans, quand j'écrivais que « les propriétés » de l'uranium ne sont qu'un cas particulier d'une loi très générale » (*Revue scientifique*, mai 1897, p. 561).

» Je répondrai, dans un prochain numéro de la *Revue scientifique*, aux autres points de la Note de M. Curie. »

M. Th. Tommasina adresse une Note « à propos de la réclamation récente de MM. *Ducretet* et *Popof*, et sur un nouveau type de cohéreurs auto-décohéreurs ».

(Reuvoi à la Section de Physique.)

M. L.-M. Bullier adresse une réclamation de priorité relative à une Note récente de M. *Geelmuyden* sur l'action réductrice du carbure de calcium sur quelques sulfures métalliques naturels ou artificiels.

(Renvoi à la Section de Chimie.)

M. A. Graby adresse une Note sur une « Nouvelle méthode de photographie des couleurs ».

(Commissaires : MM. Lippmann, H. Becquerel.)

CORRESPONDANCE.

M. le Ministre de l'Instruction publique transmet à l'Académie un Article du *Journal de Saint-Pétersbourg*, sur les conclusions formulées par la Société astronomique russe, concernant la question de l'unification des Calendriers julien et grégorien.

ASTRONOMIE. — *Sur les termes complémentaires du critérium de Tisserand.* Note de M. Gruey.

« 1. Une comète P traverse la sphère d'activité de rayon Δ d'une planète P'; t_0 et t_1 sont les époques d'entrée et de sortie; t est une époque quelconque intermédiaire.

» A l'époque t, sur la sphère céleste ayant le soleil S pour centre, considérons le grand cercle C' déterminé par le plan de l'orbite de P' et le grand cercle C déterminé par le plan de l'orbite héliocentrique que décrirait P si, à partir de cette époque, P' cessait d'agir. Ces deux cercles se coupent sous l'inclinaison i et suivant une droite SI allant au nœud ascendant de P sur P'. Comptons les longitudes l, l' de P, P' sur C et sur C' à partir d'un rayon fixe Sx de C'. Les directions de SI, SP, SP' coupent la sphère aux trois

sommets I, M, M′ d'un triangle sphérique dans lequel

$$I = i, \qquad IM = u = \varpi - \mathcal{A} + \zeta, \qquad IM' = u' = \varpi' - \mathcal{A} + \zeta', \qquad MM' = \delta$$

ϖ, ϖ' étant les longitudes des périhélies; ζ, ζ' les anomalies moyennes et $\mathcal{A}$ l'arc xI. Le triangle IMM′ donne

$$(1) \qquad \cos\delta = \cos u \cos u' + \sin u \sin u' \cos i,$$

$$(2) \qquad \sin\delta \cos M' = \cos u \sin u' - \sin u \cos u' \cos i,$$

$$(3) \qquad \sin\delta \cos M = \sin u \cos u' - \cos u \sin u' \cos i.$$

$$\frac{\sin u}{\sin M'} = \frac{\sin u'}{\sin M} = \frac{\sin\delta}{\sin i},$$

d'où

$$\sin u \sin u' + \cos u \cos u' \cos i = \cos i \cos\delta + \sin M \sin M' \sin^2\delta.$$

r et r' étant les rayons vecteurs SP, SP′, à l'époque t, l'angle δ est de l'ordre de $\frac{\Delta}{r}$ ou $\frac{\Delta}{r'}$, soit du premier ordre. Négligeons le second ordre, nous aurons

$$(4) \qquad \sin u \sin u' + \cos u \cos u' \cos i = \cos i.$$

» Menons par S les directions des vitesses héliocentriques v, v' de P, P′ inclinées de b, b' sur r, r' et qui coupent la sphère en N, N′; le triangle INN′, où l'arc NN′ est désigné par α, donne

$$\cos\alpha = \cos(b + u)\cos(b' + u') + \sin(b + u)\sin(b + u')\cos i,$$

ou en développant, négligeant le second ordre et tenant compte de (1), (2), (3), (4),

$$\cos\alpha = \cos b \cos b' + \sin b \sin b' \cos i - \delta(\cos b \sin b' \cos M' + \cos b' \sin b \cos M);$$

rigoureusement

$$(5) \left\{ \begin{aligned} \cos\alpha = {} & \cos\delta \cos b \cos b' \\ & + h \sin b \sin b' - \sin\delta(\cos b \sin b' \cos M' + \cos b' \sin b \cos M), \end{aligned} \right.$$

où

$$h = \cos\delta \cos i + \sin M \sin M' \sin^2\delta.$$

» La vitesse planéto-centrique V de la comète est donnée, comme résultante de v et $-v'$, par la formule

$$(6) \qquad V^2 = v^2 + v'^2 - 2vv' \cos\alpha.$$

» En vertu des lois de Képler, avec la notation usuelle

$$(7)\quad \begin{cases} v^2 = K^2\left(\frac{2}{r} - \frac{1}{a}\right), & v\cos b = \frac{K}{\sqrt{p}}\, e\sin\zeta, & vr\sin b = K\sqrt{p}, \\ v'^2 = K^2\left(\frac{2}{r'} - \frac{1}{a'}\right), & v'\cos b' = \frac{K}{\sqrt{p'}}\, e'\sin\zeta', & v'r'\sin b' = K\sqrt{p'}, \end{cases}$$

les formules extrêmes de chaque ligne sont rigoureuses; les deuxièmes donnent $v\cos b$, $v'\cos b'$, en négligeant e^2, e'^2, qui sont du deuxième ordre.

» En substituant dans (6) d'abord l'expression (5), ensuite les expressions (7), en négligeant le troisième ordre relatif à e, e', δ, et en posant

$$\begin{aligned} \mathfrak{P} = &-\frac{1}{a} - 2q\frac{\sqrt{pp'}}{rr'} - \frac{2ee'}{\sqrt{pp'}}\sin\zeta\sin\zeta' \\ &+ 2\delta\left(\sqrt{\frac{p'}{p}}\,\frac{e}{r'}\cos M'\sin\zeta + \sqrt{\frac{p}{p'}}\,\frac{e'}{r}\cos M\sin\zeta'\right), \end{aligned}$$

où

$$q = \cos i + \tfrac{1}{2}\delta^2(2\sin M\sin M' - \cos i) = \cos i + \tfrac{1}{2}\delta^2\cos(M' - M),$$

on obtient

$$V^2 = K^2\left(\mathfrak{P} + \frac{2}{r} + \frac{2}{r'} - \frac{1}{a'}\right).$$

on aura donc

$$(8)\qquad V_1^2 - V_0^2 = K^2(\mathfrak{P}_1 - \mathfrak{P}_0) + 2K^2\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_0}\right) + 2K^2\left(\frac{1}{r'_1} - \frac{1}{r'_0}\right).$$

» 2. Désignons par R la fonction perturbatrice provenant de l'action du Soleil sur le mouvement planéto-centrique de la comète; par x', y', z', et X, Y, Z les coordonnées rectilignes héliocentriques de P′ et planétocentrique de P; par ρ la distance P′P et θ l'angle de ρ avec r'; nous avons par définition

$$R = K^2\left(\frac{1}{r} + \frac{Xx' + Yy' + Zz'}{r'^3}\right) = K^2\left(\frac{1}{r} + \frac{\rho\cos\theta}{r'^2}\right),$$

et par le théorème des forces vives

$$(9)\quad V^2 - V_0^2 = 2K^2m'\left(\frac{1}{\rho} - \frac{1}{\rho_0}\right) + 2\int_{t_0}^{t}\left(\frac{\partial R}{\partial X}\frac{dX}{dt} + \frac{\partial R}{\partial Y}\frac{dY}{dt} + \frac{\partial R}{\partial Z}\frac{dZ}{dt}\right)dt.$$

» Pendant la durée $(t_1 - t_0)$, on peut considérer x', y', z' comme constants, sous le signe $\int$; alors le trinome sous ce signe devient $\frac{dR}{dt}$ et la for-

mule (9) pour $t = t_1$, donne

$$(10) \quad V_1^2 - V_0^2 = 2(R_1 - R_0) = 2K^2\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_0}\right) + 2K^2\left(\frac{\rho_1 \cos\theta_1 - \rho_0 \cos\theta_0}{r'^2}\right),$$

puisque $\rho_1 = \rho_0 = \Delta$. On a d'ailleurs

$$\rho_1 \cos\theta_1 - \rho_0 \cos\theta_0 = \lambda \cos\omega,$$

λ désignant la corde de la sphère d'activité qui va du point d'entrée M_0 au point de sortie M_1, et ω l'angle de la direction $M_0 M_1$ avec celle SP′ de r'.

» On voit facilement que $(V_1^2 - V_0^2)$ est du second ordre; par suite, l'erreur commise sur $\int_{t_0}^{t_1}$, en négligeant le déplacement de P′, n'est que du troisième.

» 3. La comparaison des deux expressions ([illegible]) et (10) de $(V_1^2 - V_0^2)$ donne, après suppression du terme commun $2K^2\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_0}\right)$

$$(11) \qquad \mathfrak{P}_1 - \mathfrak{P}_0 = \frac{2\lambda}{r'^2}\cos\omega - \frac{2^f}{p'}(\cos\zeta_1' - \cos\zeta_0'),$$

ou le critérium de Tisserand complété par deux termes du prem[illegible]rdre en e', $\frac{\lambda}{r}$ et quatre du second ordre en δ^2, ee', $e\delta$, $e'\delta$. »

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les équations différentielles d'ordre quelconque à points critiques fixes*. Note de M. **Paul Painlevé**, présentée par M. E. Picard.

« Considérons une équation différentielle d'ordre q, algébrique en y_q, y_{q-1}, y_{q-2} et y_{q-3}, analytique en $y_{q-4}, \ldots, y_1, y, x$ [$y_1, \ldots, y_q$ désignant les dérivées 1re, ..., $q^{\text{ième}}$ de $y(x)$], soit l'équation

$$(1) \quad y_q^m + A_1(y_{q-1}, \ldots, y_1, y, x) y_q^{m-1} + \ldots + A_m(y_{q-1}, \ldots, y_1, y, x) = 0,$$

où les A_i sont des fractions rationnelles en y_{q-1}, algébriques en y_{q-2} et y_{q-3}. Les propositions que j'ai indiquées (*Comptes rendus*, 2 avril 1900) pour les équations $q = 3$, $m = 1$, ont leurs analogues pour les équations (1) quelconques. J'énoncerai ici les plus simples.

» Théorème. — *Quand l'équation* (1) *a ses points critiques fixes :*

» I. La fonction algébrique y_q de y_{q-1} définie par (1), n'admet pas de pôles à distance finie, et si $y_{q-1} = g(y_{q-2}, \ldots, \mathcal{A}, x)$ est un de ses points critiques, l'équation

différentielle $y_{q-1} = g$, [d'ordre $(q-1)$], est une équation intégrale (singulière) de (1). De plus, quand y_{q-1} tend vers l'infini, les m valeurs du rapport $\frac{y_q}{y_{q-1}^2}$ tendent vers des limites finies [1], soit $B(y_{q-2}, \ldots, y_1, y, x)$, et *chaque équation différentielle* $y_q = y_{q-1}^2 B(y_{q-2}, y_{q-2}^0, \ldots, y_1^0, y_0, x_0)$ *a son intégrale uniforme;* ce qui exige notamment que l'équation du second ordre $u'' = u'^2 B(u)$ (obtenue en posant $y_{q-2} = u$) ait son intégrale uniforme [2].

» II. Il suit de là qu'*on sait déterminer explicitement toutes les formes possibles des expressions* $B(y_{q-2})$. Ces expressions n'ont que des pôles *simples*, et les valeurs de y_q (regardées comme fonctions de y_{q-2}) *n'admettent que des pôles simples, qui coïncident avec ceux des* B.

» En outre, si l'on remplace, dans (1), y_q par $\frac{y_q}{\lambda^3}$, y_{q-1} par $\frac{y_{q-1}}{\lambda^2}$, y_{q-2} par $\frac{y_{q-2}}{\lambda}$, le premier membre de (1) admet $\lambda = 0$ *comme pôle d'ordre* $3m$ *exactement;* autrement dit, l'équation (1) peut s'écrire

$$(2) \qquad \frac{1}{\lambda^{3m}}[y_q^m + C(y_{q-1}, \ldots, y_1, y, x) + \lambda(\ldots)] = 0.$$

» III. Il est loisible d'écrire l'équation (1) sous la forme $P(y_q, y_{q-1}, y_{q-2}) = 0$, où P est un polynome en y_q, y_{q-1} et y_{q-2}, analytique en $x, y, \ldots, y_{q-3}$. Il résulte de (I) et de (II) que *le degré de* P *en* y_q *limite son degré en* y_{q-1} *et* y_{q-2}.

» IV. Si l'équation (1) est mise sous forme *irréductible* en y_q, y_{q-1}, ses coefficients sont des fonctions *algébriques* de y_{q-2} qui s'expriment rationnellement à l'aide de y_{q-2} et d'une irrationnelle en y_{q-2}. *Cette irrationnelle est de genre zéro ou un* ($x, y, \ldots, y_{q-3}$ figurent analytiquement).

» V. Appelons enfin *simplifiée* de l'équation (1) l'équation

$$(3) \qquad y_q^m + C(y_{q-1}, y_{q-2}, y_{q-3}, y_{q-4}^0, \ldots, y_1^0, y_0, x_0) = 0,$$

déduite de (2) en faisant $\lambda = 0$ et en donnant à $y_{q-4}, \ldots, y, x$ des valeurs *numériques. Cette équation a son intégrale générale uniforme*, ce qui exige notamment que l'équation du troisième ordre obtenue en posant $y_{q-3} = z$, à savoir l'équation

$$(4) \qquad z''' + C(z'', z', z) = 0,$$

ait son intégrale uniforme. Cette équation (4), ne changeant pas quand on change x en $ax + b$, équivaut à un système :

$$\frac{d}{dz}\left(\log\frac{dx}{dz}\right) = u, \qquad G\left(\frac{du}{dz}, u, z\right) = 0,$$

et les conditions (I) montrent que l'équation en $u(z)$ a ses points critiques fixes.

---

[1] Les A_i sont, par suite, des polynomes en y_{q-1} de degré $2i$ au plus.

[2] Le théorème I suppose seulement que y_q est algébrique en y_{q-2}, et les théorèmes II, III, IV, V subsistent si y_q est algébrique seulement en y_{q-1} et y_{q-2}, à cela près que, dans le système (5), R, α, β, γ ne sont plus nécessairement algébriques en z.

L'équation (4) se laisse donc remplacer par un système :

$$(5)\quad \frac{d}{dz}\left(\log\frac{dx}{dz}\right) = \mathrm{R}(v, z), \qquad \frac{dv}{dz} = \alpha(z)v^2 + \beta(z)v + \gamma(z) \qquad \text{ou} \qquad \frac{dv}{dz} = \alpha(z)\sqrt{4v^3 - g_2 v - g_3},$$

R désignant une fonction algébrique de z, rationnelle en v (ou en v et $\sqrt{4v^3 - g_2 v - g_3}$ dans le second cas); α, β, γ sont algébriques en z, et g_2, g_3 sont les constantes numériques.

» Un problème préliminaire s'impose donc : « *Déterminer tous les systèmes* (5) *tels que les fonctions* $z(x)$ *définies par le système soient uniformes.* » Ces systèmes (5) définissent notamment les fonctions automorphes.

» *Cas où* y_q *est rationnel en* y_{q-1} *et* y_{q-2}. — L'équation (1) peut alors s'écrire

$$(6)\qquad y_q = \mathrm{M}y_{q-1}^2 + \mathrm{N}y_{q-1} + \mathrm{P};$$

M coïncide nécessairement avec une des expressions

$$\frac{1-\frac{1}{n}}{y_{q-2}+a}, \quad \frac{1}{y_{q-2}+a}, \quad \frac{1}{2}\left(\frac{1}{y_{q-2}+a} + \frac{1}{y_{q-2}+b}\right)$$

(n entier + ou $< 2 - q$, a et b fonctions de $y_{q-3}, \ldots, y, x$), expressions auxquelles il faut joindre

$$\frac{1}{2}\,\frac{1}{y_{q-2}+a} + \frac{2}{3}\,\frac{1}{y_{q-2}+b} \quad \text{pour } q \leqq 7, \qquad \frac{1}{2}\,\frac{1}{y_{q-2}+a} + \frac{3}{4}\,\frac{1}{y_{q-2}+b} \quad \text{pour } q \leqq 5,$$

$$\frac{1}{2}\,\frac{1}{y_{q-2}+a} + \frac{5}{6}\,\frac{1}{y_{q-2}+b}, \qquad \frac{2}{3}\left[\frac{1}{y_{q-2}+a} + \frac{1}{y_{q-2}+b}\right] \quad \text{pour } q = 4.$$

J'ai traité antérieurement les cas de $q = 3$ et $q = 2$.

» De plus, N et P ont même dénominateur (en y_{q-2}) que M et le degré de leur numérateur surpasse au plus d'une unité (pour N) et de trois unités (pour P) le degré (2, 1 ou zéro) de leur dénominateur. Les conditions nécessaires que donne la méthode sont d'ailleurs loin d'être épuisées. Insistons seulement sur la suivante : écrivons l'équation (6) sous la forme

$$y_q = \frac{y_q^2}{y_{q-2}}[\mathrm{H} + \varepsilon] + y_{q-1}y_{q-2}[\mathrm{K} + \varepsilon_1] + y_{q-2}^3[\mathrm{L} + \varepsilon_2],$$

H, K, L ne dépendant ni de y_{q-1}, ni de y_{q-2}, et ε, ε_1, ε_2 tendant vers zéro avec $\frac{1}{y_{q-2}}$; $\left[\mathrm{H} \equiv 1 - \frac{1}{n}, n \text{ entier } + \text{ ou } -, \text{ ou } \mathrm{H} \equiv 1\right]$. Par définition, la *simplifiée* de l'équation (6) est l'équation

$$(7)\qquad z''' = \frac{z''}{z'^2}h(z) + z''z'k(z) + z'^3 l(z), \qquad z = \frac{d^{q-3}y}{dx^{q-3}},$$

où h, k, l sont les fonctions algébriques de z obtenues en remplaçant (dans H, K, L) y_{q-3} par z et $y_{q-4}, \ldots, y, x$ par des valeurs *numériques*. La première équation (7) équivaut au système

$$(8)\quad \frac{dx}{dz} = v^{\frac{-n}{n+1}}, \qquad \frac{d^2 v}{dz^2} - k(z)\frac{dv}{dz} - \frac{n}{n+1} l(z) v = 0, \qquad [n \text{ entier } +,\ - \text{ ou } = \infty].$$

» Dans l'étude des équations (6) à points critiques fixes, un problème préliminaire s'impose donc : *Déterminer tous les systèmes* (8) *tels que les fonctions* $z(x)$ *définies par* (8) *soient uniformes*. Pour qu'une équation (8) puisse être la *simplifiée* d'une équation (6) (à points critiques fixes), il faut de plus que $z(x)$ *soit la dérivée* $(q-3)^e$ *d'une fonction uniforme*.

» Enfin, les coefficients de (6) (qui sont algébriques en y_{q-3}) se laissent exprimer birationnellement à l'aide de y_{q-3} et d'une *irrationnelle* $Z(y_{q-3})$ $[x, y, \ldots, y_{q-4}$ figurant analytiquement$]$. Si l'équation (6) a ses points critiques fixes, *le genre de l'irrationnelle* Z *est au plus égal à* 1, *ou bien les singularités des fonctions uniformes* $z(x)$ *définies par* (8) *forment un ensemble parfait*.

» Les fonctions automorphes (fuchsiennes et bleinéennes) forment la classe principale de transcendantes uniformes définies par un système (8). Il est bien intéressant de voir ces transcendantes remarquables jouer, dès le début, un rôle fondamental dans la détermination de toutes les équations (6) à points critiques fixes. »

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la généralisation du prolongement analytique*. Note de M. **Émile Borel**, présentée par M. E. Picard.

« Considérons une fonction $F(x)$ de la variable réelle x, possédant des dérivées de tous les ordres dans un intervalle AB (qui peut s'étendre jusqu'à l'infini). Désignant par a un point quelconque de cet intervalle, nous poserons

$$g_n(\xi, a) = \sum_{\lambda_1=0}^{\lambda_1=n^2} \sum_{\lambda_2=0}^{\lambda_2=n^4} \cdots \sum_{\lambda_n=0}^{\lambda_n=n^{2n}} \frac{1}{\lambda_1!\,\lambda_2!\ldots\lambda_n!} F^{(\lambda_1+\lambda_2+\ldots+\lambda_n)}(a)\left(\frac{\xi}{n}\right)^{\lambda_1+\lambda_2+\ldots+\lambda_n},$$

$$G_0(\xi, a) = g_0(\xi, a) = F(a),$$

$$G_n(\xi, a) = g_n(\xi, a) - g_{n-1}(\xi, a) \qquad n > 0.$$

Nous dirons que la fonction $F(x)$ est une fonction (M) dans l'intervalle AB

si, quels que soient x et a dans cet intervalle et quel que soit l'entier positif ou nul h, on a

$$F^{(h)}(x) = \sum_{n=0}^{n=\infty} G_n^{(h)}(x-a, a),$$

et si, de plus, chacune des séries que l'on obtient dans le second membre, en donnant à h et à a des valeurs fixes, est absolument et *uniformément* convergente, pour toute valeur de x comprise dans un intervalle déterminé quelconque intérieur à AB.

» Cette définition s'étend d'elle-même à une fonction de la variable complexe z (non nécessairement monogène) définie sur un segment rectiligne AB situé d'une manière quelconque dans le plan.

» Qu'il existe des fonctions (M), c'est ce qui résulte immédiatement d'un théorème de M. Mittag-Leffler qui, avec nos définitions, peut s'énoncer ainsi :

» *Étant donnée une fonction analytique* $f(z)$ *et un segment rectiligne* AB *dont aucun point (sauf peut-être les extrémités), n'est singulier pour* $f(z)$, *les valeurs de* $f(z)$ *sur* AB *définissent une fonction* (M).

» Le théorème que nous venons de rappeler a, d'ailleurs, été obtenu par M. Mittag-Leffler comme conséquence de la théorie du prolongement analytique et, par suite, au point de vue de la théorie générale des fonctions, ne renferme rien de plus que cette théorie.

» A l'aide des principes que j'ai indiqués dans mon Mémoire sur les séries divergentes ([1]), couronné par l'Académie en 1898, et que j'ai développés dans l'Addition à ce Mémoire ([2]), on peut obtenir un résultat sur lequel je me permets d'attirer l'attention : *il existe des fonctions* $F(x)$ *qui sont des fonctions* (M) *dans un intervalle* AB, *sans être analytiques dans cet intervalle.*

» Pour donner un exemple d'une telle fonction, posons, m étant entier,

$$\varphi(m) = e^{-e^{e^{\cdot^{\cdot^{\cdot^{e^m}}}}}},$$

le nombre des exposants superposés étant m, et

$$\Phi(x) = \sum_{n=1}^{n=\infty} \sum_{p=-\infty}^{p=+\infty} \sum_{q=-\infty}^{q=+\infty} \frac{\varphi(n+|p|+|q|)}{x + i\sqrt{2} - \frac{p+qi}{n}}.$$

([1]) *Annales de l'École Normale*, p. 63; 1899.

([2]) *Ibid.*

» Il est aisé de démontrer que la fonction $\Phi(x)$, qui n'est analytique pour aucune valeur de x, est une fonction (M) sur tout l'axe réel.

» On peut, dès lors, construire une théorie qui comprend comme cas particulier la théorie de Weierstrass et qui est *certainement plus générale*, puisqu'on connaît *effectivement* des cas nouveaux dans lesquels elle s'applique. Je vais tâcher d'en esquisser les traits essentiels, la brièveté de cette Note m'obligeant à omettre bien des détails.

» Il résulte de la définition même qu'une fonction (M) ne peut être nulle en un point, ainsi que ses dérivées, sans être nulle dans tout l'intervalle AB; une fonction (M) est donc complètement déterminée par la connaissance de sa valeur et de celles de ses dérivées, *en un point a*. Cet ensemble de valeurs constitue ce que l'on peut appeler un *élément de fonction* (M). Réciproquement, étant donnée une suite de nombres, la question de savoir s'ils déterminent effectivement une fonction (M) sur une droite donnée se ramène à l'étude de certaines séries. Au point de vue des applications, il serait désirable de simplifier la solution de cette question; mais les longueurs pratiques de la solution qui se présente immédiatement n'ont pas d'importance théorique, pas plus que la valeur de la théorie de Weierstrass n'est liée à la connaissance d'un critère plus ou moins simple de la convergence des séries de puissances.

» Cela posé, donnons-nous un point a et une suite de nombres $F(a)$, $F'(a)$, $F''(a)$. .... Si nous considérons toutes les droites passant par le point a, il peut arriver que la suite donnée définisse une fonction (M) sur certaines de ces droites; nous dirons alors que cette suite constitue un élément de fonction (M), fonction qui se trouve ainsi définie sur certaines droites issues du point a. Sur l'une de ces droites, prenons un point quelconque b; on pourra rechercher si les valeurs $F(b)$, $F'(b)$, ... définissent une fonction (M) sur des droites issues de b et autres que ab; on définira ainsi la fonction (M) en des points de plus en plus nombreux.

» La fonction (M) ainsi définie sera dite *uniforme* dans une région du plan, si, en l'un quelconque c des points où elle est définie, la suite des nombres $F(c)$, $F'(c)$, $F''(c)$, ... est la même sur n'importe quel chemin. *Il existe effectivement des fonctions* (M) *uniformes;* telle est la fonction $\Phi(x)$ définie plus haut; il y aurait lieu de les étudier tout d'abord, car, dans le cas de non-uniformité, il peut se présenter des complications bien plus grandes que pour les fonctions analytiques.

» Étant donnés une fonction (M) *uniforme dans un domaine* D et un domaine D' *d'un seul tenant* intérieur à D, si cette fonction (M) prend, ainsi

que toutes ses dérivées, en un point de D', les mêmes valeurs qu'une fonction analytique régulière dans tout D', ces deux fonctions coïncident dans tout D'. Il ne saurait donc y avoir de contradiction entre la théorie que nous venons d'exposer et celle de Weierstrass; tout au plus pourrait-il se présenter, dans le cas des fonctions non uniformes, des contradictions *apparentes* dues à la nécessité de préciser la définition de l'uniformité, nécessité que j'ai signalée dans ma Note du 12 février 1894 et sur laquelle je suis revenu dans ma thèse. »

THERMODYNAMIQUE. — *Le cycle théorique des moteurs à gaz à explosion.* Note de M. **A. Witz**, présentée par M. Maurice Lévy.

« Dans une Note présentée à l'Académie le 12 mars, M. Marchis a formulé de graves critiques relativement aux théories généralement admises des moteurs à gaz; elles reposent sur une méprise que je crois nécessaire de relever.

» Un cycle théorique doit répondre, autant qu'il est possible, à la réalité des faits; mais il est nécessaire, d'autre part, qu'il puisse servir de type et qu'il permette d'apprécier les imperfections des séries d'opérations réellement effectuées dans le cylindre des moteurs. Tel est le caractère des cycles que j'ai décrits dans mes *Études sur les moteurs à gaz* de 1883 et dans le *Traité* publié dans la suite.

» Voyons, par exemple, le cycle des moteurs à explosion. J'ai supposé expressément que la course de compression était moindre que la course de détente. Cette condition est réalisable alors même que le cycle serait effectué dans un seul cylindre, soit que les courses soient effectivement inégales, ainsi que cela a lieu dans le moteur Atkinson, soit qu'un artifice basé sur un jeu de soupapes conduise au même résultat, ainsi que cela a lieu dans certains moteurs Niel, Charon, Letourbe, Heynen, etc. Un tel cycle n'est donc pas une imagination sans réalité; les diagrammes relevés sur les moteurs Atkinson reproduisent, en effet, identiquement notre tracé théorique. Ce cycle constitue d'ailleurs un type parfait, attendu qu'il permet la *détente complète* des gaz, qu'on doit rechercher pour obtenir le rendement maximum. Il ne repose nullement sur l'hypothèse absurde de l'égalisation des pressions, que M. Marchis appelle H et H', qui supposerait une rencontre de deux adiabatiques. Son rendement est indiscutablement

$$\rho = \frac{c(T-\theta) - C(t-t')}{c(T-\theta)} = 1 - \gamma\,\frac{t-t'}{T-\theta}.$$

» Dans la plupart des moteurs dits *à quatre temps*, suivant le cycle de Beau de Rochas ou d'Otto, les courses sont égales, et il en résulte que l'échappement des gaz commence à cette pression H' plus grande que H, et à une température plus élevée que celle qui est représentée par t' dans notre formule. Mais c'est une imperfection du cycle réel, car on perd le travail correspondant à l'aire supprimée par l'écourtement du diagramme, Cette imperfection est subie dans la pratique, mais elle ne saurait être prise comme type.

» La théorie généralement adoptée ne mérite donc pas les critiques dont elle a été l'objet, et, en attendant qu'on trouve mieux, elle pourra encore trouver place dans les nouvelles éditions des Traités. Elle n'a, d'ailleurs, pas été inféconde cette théorie qui a fait rechercher les fortes compressions et les longues détentes, auxquelles sont dues les réductions de consommation réalisées dans le cours des dernières années. »

ÉLECTRICITÉ. — *Sur la constante diélectrique et la dispersion de la glace pour les radiations électromagnétiques* (¹). Note de M. C. **Gutton**, présentée par M. Poincaré.

« J'ai mesuré l'indice de réfraction de la glace pour les radiations électromagnétiques, en me servant de la disposition qui m'a servi à étudier la propagation des ondes électriques dans le bitume (*Comptes rendus*, 2 avril 1900). Entre les deux miroirs paraboliques, j'ai placé deux blocs de glace de 80^{cm} environ de côté et de $12^{cm},5$ d'épaisseur, accolés l'un contre l'autre, de sorte que l'épaisseur totale était 25^{cm}. Les expériences ont été faites pendant l'hiver, dans une salle où la température était inférieure à 0° de quelques degrés. La glace était alors sèche et n'absorbait pas sensiblement les ondes électriques; elle provenait d'eau de rivière, était parfaitement limpide et exempte de bulles d'air. J'ai mesuré le retard éprouvé par des ondes de 14^{cm} de longueur, lorsqu'on leur faisait traverser 25^{cm} de glace au lieu de 25^{cm} d'air, et j'ai trouvé ce retard égal à 19^{cm}. On en déduit pour l'indice de réfraction $n = 1 + \frac{19}{25} = 1,76$ et pour la constante diélectrique $n^2 = 3,1$.

» J'ai vérifié, comme je l'ai fait pour le bitume, que la vitesse de propa-

(¹) Travail fait au Laboratoire de Physique de la Faculté des Sciences de Nancy.

gation des ondes dans la glace est la même, que ces ondes soient ou non guidées par des fils.

» M. Blondlot ([1]), par une méthode différente et en employant des ondes beaucoup plus longues, a trouvé 2, en nombre rond, pour la constante diélectrique de la glace. Je me suis demandé si la différence entre ce nombre et celui que j'ai trouvé ne pouvait pas provenir de ce que la glace présentait, pour les radiations électromagnétiques, une dispersion normale analogue à celle que M. Drude ([2]) a découverte dans divers liquides organiques qui n'absorbent pas sensiblement les ondes électriques.

» Pour résoudre cette question, j'ai mesuré l'indice de réfraction de la glace pour des ondes de différentes longueurs. J'ai un peu modifié le dispositif expérimental afin de me servir seulement de la propagation le long des fils, ce qui permet de faire traverser aux ondes de plus grandes longueurs de glace. L'appareil est alors analogue à celui de MM. Arons et Rubens ([3]).

» Les ondes se propagent le long de deux fils parallèles tendus l'un au-dessus de l'autre à une distance de $1^{cm},2$. Cette ligne forme un grand rectangle de $13^{m},60$ de périmètre. Au milieu de l'un des grands côtés de ce rectangle, les points en regard sur chacun des fils sont reliés à un oscillateur. Le long du côté opposé et entre les deux fils, on peut déplacer un pont coupé en son milieu par un micromètre à étincelles. L'oscillateur envoie alors deux systèmes d'ondes qui parcourent chacun l'une des moitiés du rectangle. Les deux fils de la ligne sont croisés en un point du trajet de l'un des systèmes d'ondes; il en résulte que, si le pont se trouve dans une position telle que les deux systèmes d'ondes l'atteignent au même instant, ils s'annulent mutuellement et il n'y a pas d'étincelles au micromètre. Sur l'un des petits côtés du rectangle, les fils traversent deux cuves en bois paraffiné ayant chacune 100^{cm} de long, 5^{cm} de large et 5^{cm} de haut, placées l'une à la suite de l'autre. Les deux cuves étant vides, je détermine la position du pont pour laquelle il n'y a plus d'étincelles au micromètre. Je remplis les deux cuves d'eau bouillie et laisse geler cette eau, puis je cherche la nouvelle position du pont pour laquelle les deux systèmes d'ondes y arrivent en même temps. Comme un déplacement du pont allonge le trajet de l'un des systèmes d'ondes et raccourcit celui de l'autre d'une quantité égale, la distance entre les deux positions du pont est la moitié du retard éprouvé par les ondes en traversant 200^{cm} de glace. De ce retard on déduit l'indice de réfraction. Les ondes étaient produites par des oscillations de M. Blondlot. Pour des longueurs d'ondes variant de 25^{cm} à 750^{cm}, l'indice de réfraction a varié de 1,73 à 1,60.

» Pour opérer sur de plus grandes longueurs d'ondes, j'ai dû aban-

---

([1]) R. Blondlot, *Comptes rendus*, t. CXIX, p. 595, 1894.
([2]) Drude, *Zeitsch. für phys. Chemie*, t. XXIII, p. 321; 1897.
([3]) Arons et Rubens, *Wied. Ann.*, t. XLII, p. 581; 1891.

donner la méthode précédente car la longueur des fils et la longueur de glace traversée étant trop faibles, le retard mesuré dépendait de la distance entre les cuves contenant la glace et l'excitateur. J'ai alors fait des expériences par la méthode de M. Blondlot ([1]), qui consiste à mesurer la longueur d'onde d'un même résonateur d'abord lorsqu'il est dans l'air, puis lorsque le condensateur est plongé dans la glace.

» J'ai employé successivement deux résonateurs. Le condensateur de l'un était formé de deux plaques de laiton étamé de 6^{cm} sur 7^{cm}, distantes de $0^{cm},1$ environ; la *self-induction* était fournie par un rectangle en fil de cuivre de 10^{cm} sur 11^{cm}. Les longueurs d'ondes, lorsque le condensateur était dans l'air et dans la glace, étaient 876^{cm} et 1354^{cm} et, par suite, l'indice de réfraction de la glace $\frac{1354}{876} = 1,54$. Le second résonateur était formé d'un condensateur dont les armatures rectangulaires en laiton doré, distantes d'environ $0^{cm},1$, avaient 10^{cm} sur 12^{cm}, et d'un rectangle en fils de cuivre de 10^{cm} sur 20^{cm}. Les longueurs d'ondes étaient 1390^{cm} et 2088^{cm}, l'indice de réfraction $\frac{2088}{1390} = 1,50$. Ce dernier nombre se rapproche de celui qu'obtenait M. Blondlot avec de grandes longueurs d'ondes et qui était 1,41.

» Les résultats des différentes séries d'expériences sont réunies dans le Tableau suivant :

Longueurs d'onde en centimètres.	Indice de réfraction.	Constante diélectrique.
14	$n = 1,76$	$= 3,10$
25	1,73	2,99
48	1,72	2,95
110	1,70	2,89
280	1,65	2,72
750	1,60	2,56
1354	1,54	2,37
2088	1,50	2,25

» En résumé, l'indice de réfraction de la glace diminue lorsque la longueur d'onde augmente, autrement dit, la *glace présente la dispersion normale pour les ondes électromagnétiques*.

» Le caractère normal de la dispersion de la glace est sans doute lié à sa grande transparence ([2]). »

([1]) *Loc. cit.*

([2]) DRUDE, *Physik des Aethers*, p. 531; 1894.

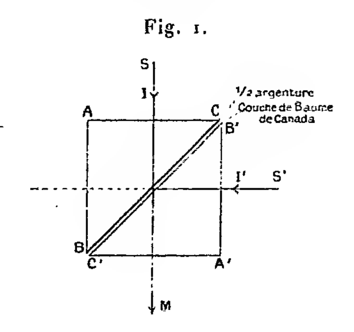
PHYSIQUE. — *Sur deux applications de la chambre claire de Govi.* Note de M. A. Lafay, présentée par M. A. Cornu.

« Un des problèmes pratiques que l'on rencontre le plus fréquemment en Optique consiste à donner une direction commune à deux faisceaux lumineux qui se croisent sous un angle quelconque.

» Parmi les artifices employés pour atteindre ce but, un des plus élégants est celui de la chambre claire de Govi (¹).

» Après avoir déposé sur la face BC d'un prisme (*fig.* 1) une couche métallique infiniment mince (or, argent ou platinage), ce physicien collait contre BC la face d'un

Fig. 1.



second prisme semblable au premier et obtenait un système capable de superposer suivant SM, par exemple, la lumière provenant de deux rayons différents SI et S'I'.

» Les défauts optiques du miroir ainsi constitué sont atténués par la réfringence du milieu qui lui sert de support et le préserve du contact des agents extérieurs. De plus, la possibilité de faire varier dans de larges limites la transparence et le pouvoir réflecteur de la pellicule métallique donnent une grande élasticité à ce procédé, qui peut être appliqué avantageusement à la plupart des appareils autocollimateurs et, en particulier, à la lunette autocollimatrice à longue portée récemment construite par M. Dévé (²).

» Dans ce dernier instrument, la surface réfléchissante est, comme on le sait, con-

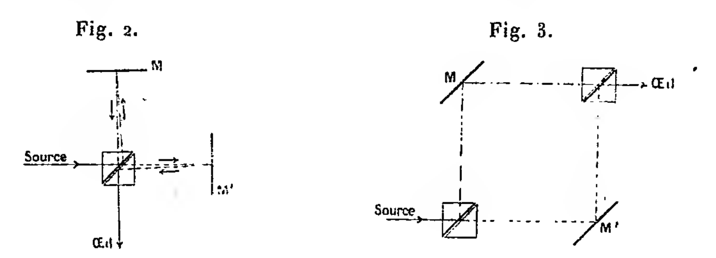
(¹) G. Govi, *Sur l'application de la dorure sur verre à la construction des chambres claires* (*Comptes rendus,* t. LXXIX, p. 373).

(²) Ch. Dévé, *Sur des lunettes autocollimatrices à longue portée, etc.* (*Comptes rendus,* t. CXXVI, p. 636).

stituée par une couche d'air emprisonnée entre les faces de deux prismes ; cependant, malgré l'emploi de cette ingénieuse combinaison, qui nécessite, d'ailleurs, un réglage fort délicat, il n'est pas possible de réduire l'épaisseur de la lame réfléchissante autant qu'il serait désirable, à cause de la production du phénomène des anneaux colorés.

» En dehors de l'application que je viens d'indiquer, le prisme de Govi peut être utilisé pour des expériences d'une extrême délicatesse; j'ai pu, en effet, l'employer pour réaliser les dispositifs réfractométriques dont

Fig. 2. Fig. 3.



les figures schématiques 2 et 3 font suffisamment comprendre la disposition ([1]). »

ÉLECTRICITÉ. — *Sur la sensibilité maxima des cohéreurs employés pratiquement dans la Télégraphie sans fils*. Note de MM. **A. Blondel** et **G. Dobkévitch**, présentée par M. A. Cornu.

« Dans une intéressante Note présentée à l'avant-dernière séance ([2]), M. le lieutenant Tissot a signalé un élégant dispositif pour augmenter la sensibilité des cohéreurs peu sensibles à limailles magnétiques (fer ou nickel oxydé), en les soumettant à l'action d'un champ magnétique réglable, dirigé suivant son axe.

» Bien que le phénomène ait une apparence magnétique, nous expliquons par une simple cause mécanique l'augmentation au contact entre les limailles et entre les limailles et les électrodes que produit leur attraction mutuelle. Nous obtenons en effet le même résultat, sans aimant, avec n'importe quelles limailles sensibles (alliages d'argent par exemple)

([1]) Je dois la réussite de ces expériences à M. Cornu, qui, à cette occasion, a eu l'obligeance de m'initier aux manipulations délicates qu'exige l'obtention des franges d'interférence.

([2]) C. Tissot, *Sur l'emploi de nouveaux radioconducteurs pour la Télégraphie sans fils* (*Comptes rendus*, t. CXXX, p. 902).

placées dans le cohéreur régénérable décrit antérieurement par l'un de nous ([1]), en augmentant la hauteur de la limaille contenue dans l'intervalle des électrodes, ce qui a pour effet d'augmenter la pression entre limailles et entre limailles et électrodes. C'est même d'après ce principe que nous réglons à volonté la sensibilité de notre cohéreur, en y introduisant plus ou moins de limailles contenues dans le réservoir coudé, sans laisser pénétrer l'air extérieur humide.

» Pour accroître encore ces sensibilités et les régler à volonté, nous avons recours simplement à l'abaissement de la tension critique de cohérence du tube ([2]).

» En effet, les conditions que doit remplir un cohéreur sont les suivantes :

» 1° Pour qu'un tube puisse enregistrer convenablement des signaux, il faut que la force électromotrice de la pile sur laquelle il travaille reste franchement au-dessous de cette valeur critique;

» 2° Pour qu'il soit sensible, il faut que la force électromotrice produite par les ondes dépasse cette valeur;

» 3° Pour qu'il ne se détériore pas, il faut que le courant établi au moment de la cohérence reste au-dessous d'un certain maximum (1 milliampère en général);

» 4° Pour qu'il décohère nettement et n'épuise pas la pile, il faut que le courant qui traverse le tube après un choc soit une très faible fraction du courant précédent; autrement dit, il faut qu'une faible force électromotrice appliquée produise une grande variation relative de résistance.

» Si l'on appelle E la force électromotrice maxima produite par l'antenne, E′ celle de la pile, E_0 la tension critique, R la résistance du relais et du circuit, tube non compris, r et r' les résistances du tube décohéré puis cohéré, I le courant maximum admis, n un nombre de l'ordre de 10, les conditions précédentes se traduisent par les inégalités

---

([1]) A. Blondel, *Sur les cohéreurs.* (Note présentée au Congrès de Nantes de l'Association française en 1898.) M. Branly a indiqué, vers la même époque et indépendamment de nous, des combinaisons également sensibles, fondées sur l'emploi de limailles d'or ou d'alliages d'or.

([2]) Par ces mots, nous désignons la force électromotrice qui, appliquée continuellement, empêche le tube de se décohérer nettement par le choc. Cette valeur, empirique plus que parfaitement définie physiquement, dépend, pour chaque cohéreur, de la nature des métaux des électrodes et des limailles et de leur degré d'oxydation.

caractéristiques

$$E' < E_0 < E,$$
$$\frac{E'}{R + r'} < I,$$
$$\frac{R + r'}{R + r} < \frac{1}{n},$$

que l'on peut toujours théoriquement satisfaire en faisant E', E_0, R et $\frac{r'}{r}$ assez petits.

» On accroît donc la sensibilité avec une antenne donnée, en abaissant le plus possible la valeur critique par l'emploi d'électrodes ou de limailles peu oxydables, sous de faibles pressions, et en mettant en circuit avec le tube une pile de faible force électromotrice et un relais de faible résistance intérieure. On peut alors supprimer la résistance supplémentaire ajoutée en série avec le relais pour réduire le courant et amener ainsi à un maximum la variation relative de résistance produite par la cohérence ou la décohérence du tube. On n'est limité dans l'abaissement de E et de E' que par la nécessité de conserver une valeur assez faible à $\frac{r'}{r}$ tout en faisant E_0 très petit; c'est à ce point de vue que les limailles de métaux inoxydables employés entre électrodes inoxydables ne conviennent pas pour la construction pratique des cohéreurs, parce que leur résistance varie trop lentement avec la force électromotrice appliquée ([1]).

» Nous obtenons de cette façon avec une pile O. Keenan de 0,5 volt, travaillant sur un cohéreur de 0,8 à 1,0 volt de tension critique et un relais à cadre mobile de 100 à 200 ohms, une sensibilité et une régularité très supérieures à celles que donnent les éléments Leclanché de 1,5 environ, employés d'ordinaire sur des tubes d'au moins 2 volts de tension critique et des circuits de plus de 1000 ohms. Le dispositif est encore plus parfait si l'on emploie, au lieu de pile, un potentiomètre placé sur un élément d'accumulateur; on peut alors abaisser autant qu'on le veut la tension critique par le réglage du cohéreur et régler la force électromotrice du circuit en conséquence au moment même d'opérer.

» Ce dispositif, déjà décrit il y a dix-huit mois dans un pli cacheté dé-

([1]) Les chiffres cités par M. Branly dans une récente Note (*Comptes rendus*, 17 avril) au sujet des tubes à or pur justifient cette manière de voir et montrent une fois de plus la nécessité d'une légère oxydabilité superficielle des limailles ou des électrodes pour la bonne marche d'un cohéreur pratique.

posé par l'un de nous (1), résout complètement, croyons-nous, le problème du réglage et de la sensibilité maxima des cohéreurs, surtout si on le combine avec le transformateur de Marconi qui élève la force électromotrice produite sur le tube par l'antenne. »

PHYSIQUE. — *Sur les rayons du radium*, Lettre de M. **E. Dorn** à M. H. Becquerel.

« Halle, 15 avril 1900.

» J'ai l'honneur de vous informer que j'ai constaté, dès le mois de février, la déviation des rayons émis par le bromure de baryum radio-actif dans le champ électrique, et que j'ai publié une Note sur ce sujet dans les *Abhandlungen der Naturforschenden Gesellschaft zu Halle,* à la date du 11 mars.

» Vous avez devancé mon intention de faire des mesures quantitatives; je ne veux donc pas insister sur le détail de mon expérience.

» Mais permettez-moi de signaler encore une autre analogie des rayons que vous avez découverts et des rayons cathodiques.

» M. Lenard avait trouvé (*Wiedemann's Annalen,* t. LXV, p. 509; 1898) que l'action des rayons cathodiques sur un écran fluorescent est affaiblie ou renforcée par la création d'un champ électrique, selon que les lignes de force ont la direction des rayons ou la direction opposée. J'ai réussi à constater le même phénomène pour les rayons du bromure de baryum. »

THERMOCHIMIE. — *Sur un thermocalorimètre à déversement.* Note de M. **G. Massol**, présentée par M. H. Moissan.

« Au cours de recherches sur les chaleurs spécifiques des corps surfondus, j'ai été amené à abandonner les diverses méthodes calorimétriques ordinairement employées et à adopter le thermocalorimètre de Regnault. En effet, cet instrument convient tout particulièrement pour ce genre de recherches; plongé dans une enceinte à température constante, il s'y refroidit lentement et dans la plus complète immobilité, conditions essentiellement favorables pour maintenir les liquides à l'état de surfusion.

» Mais le thermocalorimètre de Regnault ne peut servir que pour des intervalles de température très limités. Rempli d'alcool, il ne peut guère être chauffé au delà de 40°-50°, et le refroidissement doit s'effectuer dans une enceinte à 0°. Ayant voulu étendre mes recherches à des corps dont le

(1) Pli n° 6041, déposé le 16 août 1898 par A. Blondel.

point de fusion est beaucoup plus élevé, j'ai dû apporter quelques modifications à cet instrument.

» Tout d'abord j'ai remplacé l'alcool par un liquide bouillant à une température très élevée; j'ai choisi l'acide sulfurique de préférence au mercure, à cause de sa transparence; dans les expériences de surfusion, il permet, au début, de suivre la fusion du corps et de s'assurer qu'elle est complète; en outre, sa tension de vapeur étant très faible, il permet d'opérer jusque vers 250°-300°.

» Le refroidissement doit s'effectuer dans une enceinte à température constante; j'ai employé une étuve de M. Schribeaux avec régulateur de Roux, chauffée à 30°-35°; ou bien une étuve à eau modèle d'Arsonval, légèrement modifiée et permettant d'atteindre toutes les températures intermédiaires jusqu'à 100°; enfin une étuve de Wiesnegg en fonte avec régulateur à mercure pour les températures comprises entre 100° et 200°. Je me suis surtout bien trouvé de l'étuve à double enceinte de Regnault dans la partie centrale de laquelle j'ai fait adapter une troisième enceinte complètement fermée afin de mettre le thermocalorimètre à l'abri des vapeurs du liquide en ébullition, et noircie intérieurement au noir de fumée.

» Un thermocalorimètre du modèle Regnault, renfermant une quantité finie de liquide, ne peut servir que pour un intervalle déterminé de température et toujours pour la même température; je me trouvais donc obligé d'employer un assez grand nombre d'instruments construits pour une série de températures différentes; afin d'éviter cet inconvénient, j'ai adopté le système à déversement du thermomètre à maxima de Walferdin. A cet effet l'extrémité supérieure de la tige du thermocalorimètre se termine par une pointe effilée et déverse le liquide dans une grande chambre conique.

» En chauffant l'instrument à une température quelconque T, l'excès d'acide sulfurique s'échappe par l'extrémité de la tige dans le réservoir, et l'on peut effectuer une série d'expériences avec la même quantité de liquide et à une température légèrement inférieure à T. Veut-on opérer à une température supérieure à T, il suffit de chauffer de nouveau le thermocalorimètre dans une enceinte à température plus élevée, afin de faire déverser un peu plus de liquide; si au contraire on veut opérer à une température plus basse, on chauffe l'instrument de manière à remplir complètement la colonne thermométrique, puis on le renverse rapidement et on laisse refroidir; le liquide du réservoir pénètre peu à peu dans la tige pen-

dant le refroidissement, et l'on peut effectuer des déterminations à une température aussi basse qu'on peut le désirer.

» Lorsque le thermocalorimètre subit de grandes variations de température, la contraction du liquide est telle que l'acide contenu dans la tige pénètre entièrement dans le réservoir thermométrique inférieur et qu'une bulle d'air vient ensuite se loger dans l'espace annulaire. Pour éviter cet inconvénient, j'ai fait souffler une série d'ampoules à la partie inférieure de la tige au-dessous de la graduation, de telle sorte que l'instrument peut supporter sans le moindre inconvénient des variations de température de plus de 100°. De même j'ai fait souffler une petite ampoule à la partie supérieure de la tige thermométrique au-dessus de la graduation, de manière à éviter le déversement accidentel d'une petite quantité de liquide pendant une série d'expériences, et faciliter ainsi les recherches à haute température.

» Pour terminer la description de l'instrument j'ajouterai que le réservoir calorimétrique est cylindrique et bouché à l'émeri, et que la tige est divisée en parties d'égale capacité. Très habilement construit par M. Raoul Neveu, cet instrument pourra rendre des services pour l'étude des liquides surfondus; il permettra également de déterminer les chaleurs spécifiques des solides et des liquides à des températures très variables; il me permet enfin de faire déterminer en ce moment dans mon laboratoire les chaleurs spécifiques des dissolutions salines très concentrées à des températures voisines soit de leurs points d'ébullition, soit de leurs points de solidification. »

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Nouvel indicateur pour l'acidimétrie. Son application au dosage de l'acide borique.* Note de M. **Jules Wolff**, présentée par M. H. Moissan.

« La détermination de l'acide borique dans les borates a présenté longtemps de sérieuses difficultés, parce qu'il n'existait pas de procédé permettant, en présence d'acide borique libre, de neutraliser l'excès d'acide minéral ayant servi à mettre l'acide borique en liberté. M. Jones a résolu heureusement le problème en neutralisant l'acide sulfurique par un mélange d'iodure et d'iodate, qui n'a pas d'action sur l'acide borique ([1]). Plus récemment, M. Alfred Stock ([2]) a repris l'étude de cette réaction et il a été conduit à lui faire subir quelques modifications.

([1]) *Amer. Journ. of Science*, t. VII, p. 147, et t. VIII, p. 127.
([2]) *Comptes rendus*, t. CXXX, p. 516; 1900.

» Nous avons abordé le problème d'une autre manière et le procédé que nous employons a l'avantage d'être simple et rapide. Nous avons remplacé les indicateurs proposés jusqu'à présent par le salicylate ferrique en dissolution dans le salicylate de soude.

» Une solution quelconque d'acide borique, additionnée d'un volume connu d'acide sulfurique titré, colorée par notre indicateur, vire très nettement au moment précis de la saturation de l'acide sulfurique par la soude, en passant du violet au ton orangé de la garance, teinte qui persiste en présence d'un excès d'alcali. Lorsque l'acide sulfurique est en grand excès, l'addition de l'indicateur ne produit d'abord pas de coloration; celle-ci ne se développe qu'au fur et à mesure de la saturation de l'acide par la soude. Donnons à titre d'exemple l'expérience suivante :

» On dissout 7gr, 387 de borax cristallisé ($Na^2B^4O^7 + 10H^2O$) dans l'eau distillée; on étend à 200; on prélève 20cc qu'on additionne d'un excès d'acide sulfurique à $\frac{1}{10}$; puis, en présence de l'indicateur, on neutralise SO^4H^2 par la soude normale. La liqueur incolore au début passe au violet clair, puis la nuance s'accentue et enfin le virage caractéristique se produit; à ce moment on procède comme d'habitude, en ajoutant de la glycérine et quelques gouttes de phtaléine du phénol, puis on titre l'acide borique à l'aide de la soude normale. Le virage de la phtaléine est très net, car la présence de l'indicateur primitif n'entrave en rien la marche de l'opération.

» Employé 7cc,8 de soude normale qui correspondent (le coefficient de l'acide borique étant de 0,062) à $7,8 \times 0,062 = 0,4836$.

Trouvé : 4,836; Calculé : 4,795.

» L'erreur n'est donc pas de $\frac{1}{2}$ pour 100.

» Pour compliquer un peu l'expérience nous dissolvons dans 100cc de la même liqueur 7gr à 8gr de sulfate d'ammoniaque et nous étendons à 200cc. Nous prélevons 50cc et après avoir ajouté un excès de soude, nous chauffons à l'ébullition jusqu'à complet dégagement de l'ammoniaque, puis nous rendons de nouveau la liqueur acide par un excès d'acide sulfurique.

» Nous chauffons vingt minutes au bain-marie vers 80° pour chasser l'acide carbonique et nous continuons l'opération comme plus haut.

Employé : 9cc,7 de soude normale,
$9,7 \times 0,062 = 0,6014$ BoO^3H^3 pour 50cc,
Trouvé : 4,808; Calculé : 4,795.

» Plusieurs essais faits dans les mêmes conditions ont fourni des résultats identiques.

» Nous venons d'envisager le cas le plus général de l'analyse d'un borate. Si le produit ne contenait comme impuretés que du sulfate d'ammoniaque et des matières éliminables par filtration, l'analyse du borax se réduirait à un simple titrage alcalimétrique,

d'une exécution facile et rapide. Nous avons fait quelques essais en nous plaçant à ce point de vue et nos résultats ont été satisfaisants.

» Nous versons dans une dissolution de borax un excès d'acide sulfurique normal dont nous mesurons exactement le volume et nous titrons en présence de l'indicateur l'acide qui ne s'est pas combiné à la soude du borax. Nous aurons par différence la soude combinée à l'acide borique.

» *Exemple.* — Employé 11^{gr},073 de borax dans 200^{cc} eau; prélevé 50^{cc}; ajouté 24,9 SO^4H^2 normal, puis titré en présence de l'indicateur.

Employé : 10^{cc},4 de soude N,

$$24,9 - 10,4 = 14,5 = 0,580 \text{ NaOH}.$$

» Or

$Na^2B^4O^7 + 10H^2O$ correspondent à...	2 NaOH
382...............................	80
x...............................	0,580

Trouvé : 11,076; Pesé : 11,073.

» Sur la même prise d'essai nous avons fait un dosage direct d'acide borique, en présence de glycérine et de phtaléine.

Trouvé : 7,26; Calculé : 7,19.

» Nous trouvons des résultats un peu trop élevés pour l'acide borique parce que notre soude était légèrement carbonatée.

» On appliquera avec avantage cette méthode lorsque l'on voudra faire l'analyse rapide d'un mélange de borax et d'acide borique.

» *Exemple.* — Mélange contenant : borax 12,590; acide borique 3,732.

Borax trouvé : 12,606.

» Acide borique total trouvé : 12,015; calculé : 11,904. Acide borique libre par différence, trouvé : 3,832.

» Le réactif est très sensible à la plupart des acides minéraux et aux bases alcalines et peut très bien servir aux essais acidimétriques ordinaires. La présence du sulfate d'ammoniaque dans les liqueurs ne nuit pas à la netteté du virage, contrairement à ce qui se produit avec la phtaléine du phénol.

» Dans un titrage acidimétrique ordinaire on ne s'arrêtera qu'à la teinte jaune clair, qui indique exactement le commencement de l'alcalinité.

» *Préparation du réactif.* — Faire dissoudre 5^{gr} à 6^{gr} de salicylate de soude en poudre dans 25^{cc} d'eau distillée; ajouter goutte à goutte du perchlorure de fer étendu (solution de Fe^2Cl^6 de densité 12,80 étendue au vingtième) jusqu'à persistance d'un léger trouble, filtrer, étendre à 200^{cc} avec de l'eau distillée. Diviser la liqueur en deux portions égales que l'on rendra sensibles séparément. Afin de mieux saisir le virage des teintes on verse le liquide dans des vases cylindriques à grand diamètre : on aura ainsi sous une faible épaisseur de liquide beaucoup de transparence; on place les deux vases sur du papier blanc et l'on opère à la lumière du jour. On procède ensuite au virage des teintes et l'on fera en sorte que l'une des portions corresponde au virage

par la soude (orange foncé) et l'autre au virage par l'acide (au rouge). On verra mieux le virage en se servant au début de solutions de soude et d'acide sulfurique au $\frac{1}{10}$, puis on prendra des solutions normales et demi-normales. L'œil s'y habitue rapidement. On mélange alors les deux liqueurs et l'on y fait dissoudre 10gr de salicylate de soude en poudre. On a ainsi un indicateur concentré et sensible dont on prendra de 0cc,5 à 1cc pour les essais.

» On préparera plus rapidement l'indicateur en faisant dissoudre 2gr d'acide salicylique en poudre dans 10cc de soude au dixième; on complétera à 100cc avec de l'eau distillée et l'on ajoutera 5cc de la solution de perchlorure étendue au vingtième. On rendra sensible et l'on ajoutera 4gr à 5gr de salicylate de soude.

» En résumé, l'indicateur paraît répondre par son mode de formation au salicylate double de sodium et de fer, qu'il ne nous a pas été possible d'obtenir jusqu'à présent à l'état cristallisé, mais dont nous poursuivons actuellement l'étude.

» Nous ajouterons que cet indicateur est très sensible en présence des bases alcalines, ainsi que des acides sulfurique, nitrique, bromhydrique, iodhydrique et chlorhydrique. En présence des acides phosphorique et fluorhydrique la coloration violette ne se produit pas.

» La coloration intense que donne le perchlorure de fer avec l'acide salicylique se produit (les teintes se modifiant) avec ses homologues et les acides-phénols qui contiennent un groupe OH voisin du groupe COOH. Nous examinons actuellement l'action exercée par divers acides sur ces produits colorés. »

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur les séléniures et chloroséléniures de plomb.* Note de M. **Fonzes-Diacon**, présentée par M. H. Moissan.

« Le séléniure de plomb, préparé par combinaison directe des éléments sous l'influence de la chaleur, est amorphe; il a été obtenu cristallisé par M. Margottet [1] en chauffant fortement ce dernier dans un courant d'hydrogène. La forme dominante des cristaux est le cube; ils se présentent parfois en longs prismes rectangulaires.

» J'ai pu préparer du séléniure de plomb cristallisé, SePb, par d'autres méthodes :

» 1° En réduisant par l'hydrogène du séléniate de plomb dans un tube de porcelaine porté au rouge blanc, on obtient du séléniure de plomb cristallisé; la réduction est presque totale, il se forme de petites quantités d'anhydride sélénieux. Les cristaux se

---

[1] Margottet, *Thèse de Doctorat* de la Faculté des Sciences de Paris, 1879.

présentent sous la forme de cubes non modifiés groupés parfois en trémies; ils sont gris bleu, très brillants et d'assez grandes dimensions, mais il se forme également de belles aiguilles pouvant atteindre une longueur de 2^{cm} qui, au microscope, se montrent constituées par un empilement de lamelles rectangulaires dont les dimensions vont en diminuant; elles sont parfois groupées vers l'extrémité en deux séries parallèles enchevêtrées; à leur base se trouvent de longs prismes rectangulaires à faces très nettes.

» 2° La réduction du séléniate de plomb peut encore être obtenue par le charbon, en chauffant pendant dix minutes un mélange intime de ces deux corps dans le tube d'un four électrique à la température d'un arc de 80^{volts} et 140^{atm}. Dans cette réaction, il se dégage de grandes quantités de vapeurs, la majeure partie du séléniate étant volatilisée, et il reste dans le tube une poudre cristalline d'un gris bleu constituée par du séléniure de plomb mélangé à un excès de charbon.

» 3° L'hydrogène sélénié réagit sur le chlorure de plomb réduit en vapeurs dans un tube de porcelaine, en donnant de très beaux cristaux cubiques, très brillants, de séléniure de plomb; dans cette réaction les longues aiguilles ne se forment pas.

» Enfin, en chauffant du séléniure de plomb précipité dans un creuset de charbon, pénétrant dans le couvercle d'un four Moissan, à la température d'un arc électrique de 80 volts et 140 ampères pendant dix minutes, il se forme dans la partie la moins chaude un anneau de séléniure de plomb cristallisé.

» Ces diverses réactions donnent naissance au séléniure de plomb PbSe; j'ai essayé de préparer un sous-séléniure de plomb analogue au sous-sulfure Pb^2S, obtenu par Berthier ([1]) et dont l'existence a été mise en doute par M. Mourlot ([2]).

» A cet effet, j'ai calciné dans un creuset brasqué, à la chaleur d'un bon feu de coke, du séléniate de plomb pendant plusieurs heures. De l'anhydride sélénieux se dégage en abondance, la paroi de la brasque est tapissée de petits cristaux de séléniure de plomb; dans le fond du creuset se trouve un culot gris, malléable, qui à l'analyse renferme $\frac{90}{100}$ de plomb et $\frac{10}{100}$ de sélénium. Mais ce n'est pas là un sous-séléniure, car si l'on déchire la masse, on y découvre des géodes renfermant de beaux cubes de séléniure de plomb.

» *Propriétés.* — Le séléniure de plomb cristallisé a une densité de 8,10 à 15°; il s'écrase facilement.

» L'acide chlorhydrique gazeux l'attaque avant le rouge et en déplace SeH^2. L'acide chlorhydrique bien fumant ne l'attaque qu'après une longue ébullition.

» L'acide azotique le dissout facilement; l'acide sulfurique l'attaque avec formation de SO^4Pb et dégagement de SO^2, il prend une belle coloration verte par dissolution du sélénium.

([1]) Berthier, *Ann. de Chim. et de Phys.*, t. XXII, p. 240.
([2]) Mourlot, *Thèse de Doctorat* de la Faculté des Sciences de Paris, 1899.

» Grillé dans un courant d'oxygène, le séléniure de plomb se décompose en anhydride sélénieux qui se sublime, et il reste de l'oxyde de plomb qui se dissout dans la silice de la nacelle.

» Le chlore en déplace facilement le sélénium; il en est de même du trichlorure de phosphore, qui ne l'attaque qu'au rouge en donnant du chlorure de plomb.

» La vapeur d'eau, au rouge, le décompose partiellement en hydrogène sélénié qui précipite en noir une solution de nitrate de plomb, et en oxyde de plomb qui, réagissant sur le séléniure non décomposé, donne de petits globules de plomb. Mais la majeure partie du séléniure se volatilise et cristallise dans la partie froide du tube en feuilles de fougère et en petits cubes.

» Chloroséléniure de plomb. — Dans une solution d'acétate de plomb à $\frac{30}{100}$ on fait passer un courant d'azote entraînant des vapeurs d'acide chlorhydrique jusqu'à ce qu'apparaissent les cristaux de $PbCl^2$; on fait alors arriver un courant très dilué d'hydrogène sélénié, il se forme lentement un beau précipité d'un rouge lie de vin : c'est un chloroséléniure de plomb que l'on peut recueillir sur une plaque de porcelaine et dessécher à basse température.

» On obtient également un chloroséléniure de plomb rouge pourpre en traitant du séléniure de plomb précipité et légèrement chauffé, par des vapeurs de trichlorure de phosphore; ce séléniure de plomb cristallisé, obtenu à haute température, n'est attaqué qu'au rouge et ne peut donner de chloroséléniure.

» *Propriétés.* — Le chloroséléniure rouge se transforme en séléniure noir sous l'influence de la chaleur ou de l'eau bouillante.

» L'hyposulfite de soude, la potasse en solutions concentrées lui enlèvent à froid le chlorure de plomb, il se dépose du séléniure noir; un courant d'hydrogène sélénié le transforme également en séléniure.

» *En résumé :* j'ai préparé du séléniure de plomb cristallisé par la réduction du séléniate sous l'influence de l'hydrogène ou du charbon, par l'action de l'hydrogène sélénié sur les vapeurs du chlorure de plomb et enfin par fusion directe, au four électrique, du séléniure de plomb précipité; je n'ai pu obtenir de sous-séléniure.

» J'ai préparé, par la voie humide et par voie sèche, un chloroséléniure de plomb. »

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur les sélénioantimonites alcalins* (¹). Note de M. **Pouget**, présentée par M. A. Ditte.

« Les combinaisons du séléniure d'antimoine avec les séléniures alcalins sont peu connues; deux composés seulement ont été décrits :

$$SbSe^4Na^3 + 9H^2O, \quad SbS^3SeNa^3 + 9H^2O\ (^2);$$

(¹) Laboratoire de Chimie de la Faculté des Sciences de Rennes.

(²) Hofacker, *Ann. der Ch. und Pharm.*, t. CVII, p. 6.

tous deux sont isomorphes du sulfoantimoniate de sodium

$$SbS^4Na^3 + 9H^2O,$$

bien connu sous le nom de sel de Schlippe. Ce sont des *sélénioantimoniates*.

» J'ai pu préparer quelques *sélénioantimonites* par un procédé identique à celui qui m'a servi pour la préparation des sulfoantimonites alcalins : par l'action du séléniure d'antimoine sur les séléniures alcalins dissous.

» Le séléniure d'antimoine $(Sb^2Se)^3$ était obtenu par l'union directe des deux éléments, les séléniures alcalins par l'action de l'hydrogène sélénié sur des solutions alcalines.

» I. Les solutions de séléniure de potassium (K^2Se) saturées à chaud de séléniure d'antimoine sont jaunes, elles ont une composition très voisine de

$$Sb^2Se^3 + 2K^2Se;$$

par refroidissement elles laissent déposer un précipité gélatineux et brun, de formule

$$Sb^4Se^7K^2 + 3H^2O = 2Sb^2Se^3 + K^2Se + 3H^2O,$$

et la composition du liquide correspond à celle du composé

$$Sb^2Se^3 + 3K^2Se.$$

» On obtient d'ailleurs facilement ce dernier en dissolvant une proportion convenable de séléniure d'antimoine dans le séléniure de potassium : il se dépose sous forme de petits cristaux jaune orangé lorsqu'on concentre à chaud la dissolution. Ces cristaux sont anhydres, leur formule

$$SbSe^3K^3$$

est analogue à celle du sulfoantimonite normal

$$SbS^3K^3.$$

» II. Le séléniure de sodium saturé à chaud de séléniure d'antimoine fournit une solution jaune, donnant par refroidissement, comme la solution potassique, un précipité brun.

» Les solutions dont la composition est représentée par $Sb^2Se^3 + 3Na^2Se$ fournissent par concentration à l'abri de l'air des cristaux de formule

$$SbSe^3Na^3 + 9H^2O,$$

analogues au sulfoantimonite $SbS^3Na^3 + 9H^2O$. Mais quelles que soient les précautions prises, on ne peut complètement éviter l'accès de l'air qui transforme (très rapidement à chaud) le sélénioantimonite en sélénioantimoniate $SbSe^4Na^3 + 9H^2O$ isomorphe du sel de Schlippe $SbS^4Na^3 + 9H^2O$. La séparation des deux composés a pu être réalisée par l'évaporation dans le vide de la solution fortement concentrée dans

une atmosphère d'hydrogène : le sélénioantimoniate moins soluble cristallise le premier.

» Les propriétés des sélénioantimonites alcalins solides ou dissous sont voisines de celles des composés sulfurés correspondants.

» Les acides étendus en précipitent du séléniure d'antimoine, c'est un précipité brun marron complètement insoluble dans l'acide chlorhydrique concentré.

» Les solutions s'altèrent facilement à l'air, elles rougissent d'abord en se transformant en sélénioantimoniates; lorsque l'oxydation devient plus avancée il se dépose du sélénium.

» III. L'action combinée du sélénium et de l'antimoine sur les sulfures alcalins permet de préparer des composés mixtes contenant du soufre et du sélénium.

» Le sulfure de potassium dissout facilement le sélénium en donnant une liqueur rouge; par l'addition d'antimoine elle se décolore sensiblement à chaud et passe au jaune. En partant d'un mélange représenté par $2Sb + 3Se + 3K^2S$, j'ai obtenu par concentration de petits cristaux jaunes très altérables auxquels l'analyse assigne la formule

$$Sb^4S^5Se^6K^{10} + 4H^2O = Sb^2S^5K^4 + 2SbSe^3K^3 + 4H^2O.$$

» Ce même composé a été aussi obtenu par un procédé différent : on dissolvait du séléniure d'antimoine dans du sulfure de potassium, les proportions initiales des deux composants étant les mêmes que dans le mélange précédent : $Sb^2Se^3 + 3K^2S$.

» Avec le sulfure de sodium et en prenant comme point de départ le mélange $2Sb + 3Se + 3Na^2S$ la concentration de la liqueur donne d'abord des cristaux tétraédriques jaunes isomorphes du sulfoantimoniate de sodium et de formule semblable :

$$SbS^{\frac{3}{2}}Se^{\frac{5}{2}}Na^3 + 9H^2O,$$

puis des aiguilles cristallines jaunes du composé

$$SbS^{\frac{3}{2}}Se^{\frac{3}{2}}Na^3 + 9H^2O$$

dont la formule doit être rapprochée de celle du sulfo et du sélénioantimonite de sodium :

$$SbS^3Na^3 + 9H^2O \qquad SbSe^3Na^3 + 9H^2O.$$

» En résumé, les analogies si nombreuses du soufre et du sélénium se retrouvent dans les sulfo et les sélénioantimonites. De plus, on peut obtenir des composés mixtes ne différant des sulfoantimonites ou des sulfoantimoniates que par la substitution partielle du sélénium au soufre. »

CHIMIE. — *Recherches microchimiques sur l'yttrium, l'erbium et le didyme* (1). Note de MM. **M.-E. Pozzi-Escot** et **H.-C. Couquet**. (Extrait.)

« Nous croyons avoir facilité la recherche et la caractérisation de l'yttrium, de l'erbium et du didyme, par les réactions suivantes :

» 1° Les sels d'yttrium donnent, avec le chromate d'ammonium, un chromate d'yttrium qui cristallise en quelques minutes, sous forme de très volumineux cristaux hexagonaux allongés, légèrement teintés de violet;

» 2° Les sels d'yttrium donnent, avec une solution d'acide chromique dans l'acide sulfurique concentré (réactif de Couquet), de petits cristaux bacillaires, qui se transforment à la longue en très volumineux cristaux;

» 3° Les sels d'erbium donnent, avec le chromate d'ammonium, un chromate ne cristallisant pas ou ne cristallisant que très difficilement;

» 4° Les sels d'erbium donnent, avec le réactif de Couquet, de grands cristaux très mal définis;

» 5° Les sels de didyme donnent, avec le chromate d'ammonium, un chromate de didyme en volumineux cristaux prismatiques maclés, orange;

» 6° Les sels de didyme donnent, avec le réactif de Couquet, un précipité amorphe, cristallisant à la longue en prismes, souvent maclés en étoiles;

» 7° Les chlorures d'yttrium, erbium, didyme, donnent, avec le chlorure de palladium, des chlorures doubles caractéristiques.

» Si l'on joint ces réactions à celles que nous avons déjà indiquées, on pourra réaliser la séparation microchimique de l'yttrium, de l'erbium et du didyme. »

PATHOLOGIE. — *Mécanisme de la sénilité et de la mort des cellules nerveuses.* Note de M. **G. Marinesco**, présentée par M. Bouchard.

« La mort est une fatalité à laquelle sont soumis tous les êtres vivants, lesquels retournent par là au monde minéral. C'est une loi qui s'applique aussi bien aux êtres organisés qu'à chacun de leurs éléments constitutifs.

» C'est une loi élémentaire. Je me propose, dans cette Note, de recher-

(1) Travail fait au Laboratoire de M. Pozzi-Escot, à Bergerac.

cher le mécanisme des phénomènes qui constituent la sénescence de la cellule nerveuse, comme étant l'élément le plus important de l'organisme et de l'intégrité duquel dépend l'accomplissement des actes de la vie. Pour Metschnikov, l'atrophie sénile est le résultat de phénomènes cellulaires intimes, d'une lutte des éléments des tissus, lutte de laquelle le tissu conjonctif sort victorieux, et dont les macrophages amènent la destruction des éléments nobles, incapables de se défendre. Le moyen d'arrêter cette dégénérescence sénile serait la destruction des macrophages par un sérum approprié.

» L'opinion si suggestive du savant russe m'a décidé à reprendre l'étude antérieure que j'ai faite sur l'involution et la mort de la cellule nerveuse. J'ai examiné à ce propos les cellules nerveuses de la moelle et du cerveau d'individus âgés de 60 à 110 ans; je me suis convaincu que les modifications qui constituent la sénescence de la cellule nerveuse ne consistent pas seulement dans la diminution plus ou moins accentuée du corps cellulaire, mais il se passe encore à son intérieur des changements plus intéressants, dont quelques-uns sont tangibles au microscope. On sait qu'à l'état normal, la cellule nerveuse somatochrome contient à son intérieur des éléments géométriques fortement colorés par certaines matières colorantes. Chez le vieillard, surtout lorsque l'individu est mort à un âge très avancé, ces éléments sont réduits de volume et de nombre, parfois ils sont transformés en granulations plus ou moins volumineuses; cette dernière altération, à laquelle j'ai donné le nom de *chromatolyse sénile,* a son siège principal autour du noyau ou bien elle intéresse toutes les couches de la substance chromatique. En outre, le cytoplasma plus ou moins teinté en bleu contient une quantité plus ou moins grande de substance pigmentaire, laquelle n'est autre chose qu'un produit de désorganisation, d'involution de la cellule elle-même.

» A mesure que l'individu avance en âge, cette substance augmente et réduit ainsi la capacité nutritive et respiratoire de la cellule nerveuse. Le nombre des prolongements de la cellule est moins considérable qu'à l'état normal et leurs ramifications ont disparu. Enfin, le volume de la cellule présente une diminution variable et peu accentuée, diminution qui aboutit pour certaines cellules à une véritable atrophie, et c'est alors qu'elles subissent la dégénérescence dite *pigmentaire.* Sur un grand nombre de préparations provenant de l'écorce cérébrale ou de la moelle d'individus âgés, je n'ai jamais trouvé de macrophages détruisant la cellule nerveuse; l'atrophie sénile n'est donc pas la fonction de l'invasion de la cellule nerveuse

par des phagocytes. Il n'en est pas de même dans certains états pathologiques; en effet, j'ai soutenu, depuis 1896 déjà, que lorsque la cellule nerveuse vient d'être atteinte plus ou moins subitement dans sa vitalité, elle est dévorée par les cellules névrogliques, auxquelles j'ai donné le nom, dans ces conditions, de *neuronophages*.

» Ce ne sont pas les leucocytes qui jouent le rôle de macrophages dans le système nerveux central, mais bien les cellules névrogliques. Ces cellules qui, à l'état normal, sont peu nombreuses au voisinage de la cellule, et n'ont qu'un protoplasma peu développé, se multiplient d'une manière énergique et pénètrent dans la cellule nerveuse lorsque celle-ci ne peut plus se défendre. Cette opinion, niée par quelques auteurs, a été tout récemment soutenue par Nisol, lequel ne reconnaît pas aux leucocytes le rôle joué par les phagocytes. Toutefois, je dois faire remarquer que la névroglie, fibrilles et cellules, est plus développée chez le vieillard que chez l'adulte. A ce point de vue, il faut remarquer l'antagonisme qui existe entre l'évolution de ces deux espèces de tissus nerveux et névrogliques.

» Chez l'embryon, ils se développent d'une façon parallèle, les cellules nerveuses comme les cellules névrogliques augmentent de nombre et de volume d'une façon progressive; mais, à mesure que la cellule nerveuse prend possession de ses fonctions, on dirait qu'elle exerce une action d'arrêt sur la nutrition des cellules névrogliques. En effet, j'ai vu que chez les animaux nouveau-nés, les cellules névrogliques ont un volume plus considérable que chez l'adulte et que, dans la suite, elles diminuent petit à petit et se réduisent à des noyaux entourés d'une couche mince de protoplasma. Je me suis expliqué cet antagonisme entre la cellule nerveuse et la cellule névroglique par la suppression d'une substance produite par la cellule nerveuse, qui aurait pour but d'empêcher le développement excessif de la cellule névroglique et de conserver l'équilibre nutritif dans le système nerveux central. Beaucoup de processus pathologiques sont de nature à confirmer cette opinion.

» On peut dire, d'une façon générale, que toutes les fois que la substance achromatique de la cellule nerveuse est frappée dans sa vitalité, les cellules névrogliques voisines sortent de leur sommeil, se multiplient et attaquent la cellule nerveuse; c'est ce qui arrive après la ligature de l'aorte abdominale, dans la myélite aiguë, etc.

» La sénescence et la mort de la cellule nerveuse sont inséparables de sa vie et de sa fonction. Comme l'organisme dont elle fait partie, la cellule nerveuse apparaît, s'accroît, décline et meurt. La raison de cette séne-

scence ne doit pas être cherchée dans une lutte intime entre les éléments des centres nerveux, mais bien dans un défaut de synthèse chimique de la cellule elle-même. L'édifice normal de la cellule nerveuse se maintient par l'équilibre entre les manifestations de la synthèse chimique, et partant de la synthèse plastique, et celles de la destruction fonctionnelle. Lorsque cet équilibre est rompu, lorsqu'aux phénomènes de désintégration chimique ne succèdent plus ceux de réintégration, il se produit la désorganisation morphologique de la cellule, qui se traduit en dehors par la réduction du volume et du nombre des éléments chromatiques, par la chromatolyse sénile, par la formation de substance dite *pigmentaire*. Pour empêcher ces manifestations de la sénescence, il faudrait stimuler la synthèse chimique de la cellule nerveuse par une substance dynamogénique. Parmi les matières capables de remplir cette condition, le sérum des animaux jeunes, le suc emprunté à des organes très jeunes, ainsi du reste que l'a proposé Metschnikov, pourraient stimuler l'énergie affaiblie des éléments nobles et retarder dans une certaine mesure les manifestations de la vieillesse. »

PHYSIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Hétéroplastie* (1).

Note de M. **Nicolas-Alberto Barbieri**, présentée par M. Bouchard.

« Les tissus d'un mammifère peuvent être remplacés par d'autres tissus empruntés à un mammifère de la même espèce ou d'espèce différente : Hétéroplastie.

» L'hétéroplastie est partielle ou totale, selon que l'on remplace une partie ou la totalité de quelque tissu par une partie ou la totalité d'un autre tissu. La structure du tissu emprunté doit être égale à la structure du tissu porteur.

» L'hétéroplastie est mixte, quand on remplace une partie d'un tissu par une partie d'un autre tissu de structure dissemblable, mais dont on suppose la fonction à peu près analogue à la fonction du tissu porteur.

» L'hétéroplastie, à l'état actuel, n'a aucun but thérapeutique; mais c'est la méthode pour une étude d'histophysiologie.

« Chez les mammifères, tous les tissus qui peuvent régénérer peuvent » subir l'hétéroplastie ».

---

(1) Exposé des résultats obtenus après quatorze mois d'expériences. On fera ultérieurement connaître l'hétéroplastie des autres tissus.

» *Hétéroplastie vasculaire.* — On coupe l'une des carotides d'un chien et, après avoir pris toutes les précautions nécessaires (double ligature, etc.), on intercale entre les bouts séparés (5^{cm} à 7^{cm}) un segment de carotide emprunté à un autre chien de même taille. On suture entre eux les bords des parois artérielles et l'on voit la circulation se rétablir. Le segment artériel emprunté suit les mouvements rythmiques de la carotide, et une très légère transsudation se produit autour de l'adventice de ce segment. Cependant, deux ou trois heures après l'opération, la coagulation se manifeste. Cette coagulation, qui est limitée au segment artériel emprunté, traverse des phases diverses selon les cas. Il est possible que si, un jour, on pouvait empêcher cette coagulation de se produire, on arriverait à rétablir la circulation. En effet, on trouve toujours une soudure complète entre les bords des parois de l'artère (carotide) et les bords des parois du segment artériel emprunté.

» *Hétéroplastie nerveuse.* — Les fibres musculaires, l'uretère, un vaisseau sanguin, un ganglion du sympathique, le sympathique ou bien encore un autre tissu quelconque intercalés entre les bouts d'un nerf divisé (3^{cm} à 4^{cm}), ne peuvent jamais rétablir la fonction.

» Au contraire, si, après avoir divisé un nerf en deux parties, on réunit les deux bouts séparés (3^{cm} à 4^{cm}) à l'aide d'un segment de nerf quelconque ou à l'aide d'un ganglion spinal, on réussit, dans la plupart des cas, à rétablir la fonction. Les cellules du ganglion spinal intercalé disparaissent, et seuls les tubes nerveux de ce ganglion se soudent aux tubes nerveux du nerf porteur. La fonction se rétablit même si, entre les bouts d'un nerf coupé, on intercale un segment des racines postérieures des nerfs lombaires ou sacrés.

» Le segment nerveux intercalé doit toujours avoir le même diamètre que le nerf porteur et peut être emprunté à un mammifère de même espèce ou à un mammifère d'espèce différente.

» Si, dans leur parcours, deux nerfs sont rapprochés l'un de l'autre, on peut les réunir en croix, après les avoir coupés; c'est-à-dire qu'on suture, à l'aide d'un segment de nerf emprunté, le bout central du nerf externe avec le bout périphérique du nerf interne; et, avec un autre segment de nerf emprunté, le bout central du nerf interne avec le bout périphérique du nerf externe. Il est très rare que la fonction se rétablisse.

» *Hétéroplastie musculaire.* — On coupe au-dessus du faisceau neuro-vasculaire le biceps d'un tout jeune lapin et l'on intercale entre les parties séparées (3^{cm}) un segment de biceps emprunté à un autre jeune lapin de même taille. On constate que plusieurs fibres musculaires se soudent entre elles et que la fonction se rétablit.

» Le sympathique ne subit pas l'hétéroplastie, ou du moins les opérations pratiquées n'ont pas réussi. Les ganglions lymphatiques semblent pouvoir subir l'hétéroplastie.

» L'hétéroplastie des capsules surrénales et du corps thyroïde n'a donné que des résultats partiels.

» Le cerveau et la moelle épinière ne supportent aucune hétéroplastie.

» On n'a obtenu aucun résultat en pratiquant l'hétéroplastie sur les glandes, telles que le foie, les glandes salivaires et les testicules. Le segment

d'un testicule de lapin placé entre les deux parties séparées du testicule d'un autre lapin se soude exactement, sans se résorber, aux deux parties du testicule porteur. La fonction ne se rétablit jamais.

» Un essai d'hétéroplastie totale (glandes salivaires, corps thyroïde) est presque inutile. En effet, un de ces tissus (glandes salivaires, corps thyroïde), transplanté en totalité à la place d'un autre tissu préalablement enlevé, se détruit et se résorbe.

» L'étude de l'hétéroplastie mixte est négative.

» Le sympathique intercalé entre les bouts d'un nerf coupé ne rétablit jamais la fonction. Des fragments de pancréas (lapin) intercalés entre les deux parties d'une glande salivaire divisée (lapin), ou bien des fragments de capsules surrénales (chien), intercalés entre les deux parties du corps thyroïde divisé (chien), se détruisent, se résorbent si d'autres accidents ne se produisent pas.

» La vitalité du segment intercalé est incontestable, toutes les fois qu'après avoir pratiqué des opérations d'hétéroplastie on voit la fonction se rétablir, car le segment intercalé fait alors partie intégrale de la structure et de la fonction du tissu porteur. »

A 4 heures, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 4 heures et demie.

M. B.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans la séance du 17 avril 1900.

Éléments de Paléobotanique, par R. Zeiller. Paris, Georges Carré et C. Naud, 1900; 1 vol. in-8°. (Présenté par M. G. Bonnier; hommage de l'Auteur.)

Spokil, langue systématique pour les usages internationaux, par le Dr Ad. Nicolas. Angers, Lachèse et Cie, 1900; 1 fasc. in-8°. (Présenté pour le concours du prix Volney.)

Essais sur l'organisation rationnelle de la comptabilité à parties doubles, par P. Moutier. Rouen, 1900; 1 fasc. in-8°.

Mémoires de la Société d'Agriculture, Sciences, Belles-Lettres et Arts d'Orléans; t. XXXVII. Orléans, imp. G. Michau et Cie, 1900; 1 vol. in-8°.

Société Florimontane d'Annecy. Revue savoisienne. 41e année, 1er trimestre 1900. Annecy, imp. Abry, 1900; 1 fasc. in-8°.

Le pigeon-courrier à travers les âges, par Ch. Sibillot; t. III, ch. IX. Charleroi, L. Lahaye, 1899; 1 fasc. in-8°.

Results of observations of the fixed stars, made with the Madras meridian circle, under the direction of the late Norman Robert Pogson, by C. Michiel Smith; vol. IX. General catalogue. Madras, 1899; 1 vol. in-4°.

Psychic processes and muscular exercise, by professor Angelo Mosso. Worcester, Mass., 1899; 1 fasc. in-8°.

Laboratorio quimico central. Republica de Guatemala, America central. Observaciones meteorologicas correspondientes al ano de 1899. Guatemala, 1900; 1 fasc. in-8°.

Zur Kenntniss der peptischen Spaltungsprodukte des Fibrins; I. Theil, von Dr E. Pick. Strassburg, K. J. Trübner, 1899; 1 fasc. in-8°.

Rechenschafts-Bericht über die Thätigkeit der Gesellschaft zur Förderung deutscher Wissenschaft Kunst und Literatur in Böhmen, im Jahre 1899. Prag, 1900; 1 fasc. in-8°.

Bericht über die Ergebnisse der Beobachtungen an den Regenstationen der kaiserlichen livländischen gemeinnützigen und ökonomischen Sozietät für das Jahr 1898. Jurjew, 1899; 1 fasc. in-4°.

Rad jugoslavenske akademije znanosti i umjetnostî ; knj. 141. U Zagrebu, 1899; 1 fasc. in-8°.

Abhandlungen des deutschen naturwissenschaftlichmedicinischen Vereines für Böhmen « Lotos »; Bd II, Hefte 1, 2. Prag, 1900; 2 fasc. in-4°.

Meteorological service, Dominion of Canada. Monthly Weather Rewiew; vol. XXIV, n° 1. Toronto, 1900; 1 fasc. in-8°.

Annales du Musée du Congo; t. I : *Zoologie,* fasc. 5; t. I : *Botanique,* fasc. 5. Bruxelles, imp. Charles Van de Weghe, 1899; 2 fasc. in-f°.

Ouvrages reçus dans la séance du 23 avril 1900.

Bureau central météorologique de France. Rapport du Comité météorologique international. Réunion de Saint-Pétersbourg, 1899. Paris, Gauthier-Villars, 1900; 1 fasc. in-8°. (Présenté par M. Mascart.)

Un cas de syphilis post-conceptionnelle. Eruption secondaire psoriasiforme,

chancre du doigt, par M. le Dr Henri Malherbe. Clermont (Oise), 1900; 1 fasc. in-8°.

Tondantes à petites spores (Microsporum Audouïni), *généralisation à la peau glabre*, par le Dr H. Malherbe. Nantes, 1900; 1 fasc. in-8°.

Nouvelles recherches sur le Trichophyton minimum, par Le Clavé et le Dr H. Malherbe. Paris, 1899; 1 fasc. in-8°.

Bulletin des Sciences mathématiques, rédigé par MM. Gaston Darboux et Jules Tannery; 2e série, t. XXIV, janvier 1900. Paris, Gauthier-Villars; 1 fasc. in-8°.

Annales de la Société d'Agriculture, Sciences et Industrie de Lyon; 7e série, t. VI, 1898. Lyon-Paris, 1899; 1 vol. in-8°.

Annales de la Société Linnéenne de Lyon; année 1899, t. XLVI. Lyon-Paris, 1900; 1 vol. in-8°.

Mémoires de la Société académique d'Agriculture, des Sciences, Arts et Belles-Lettres du département de l'Aube; t. XXXVI, 3e série, année 1899. Troyes; 1 vol. in-8°.

United States. Geological Survey, Charles D. Walcott, director; nineteenth annual Report, 1897-98, part II; twentieth annual Report, 1898-99, part VI and part VI continued. Washington, 1899; 3 vol. in-4°.

Annales de l'observatoire national d'Athènes, publiées par Démétrius Eginitis; t. II. Athènes, 1900; 1 vol. in-4°.

Annales de la Société géologique de Belgique, t. XXVII, 1re livraison, janvier 1900. Liége, 1899-1900; 1 fasc. in-8°.

COMPTES RENDUS

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 30 AVRIL 1900,

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE LÉVY.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

ASTRONOMIE. — *Sur les planètes télescopiques.*
Note de M. C. DE FREYCINET (¹).

« L'hypothèse de Laplace, telle qu'elle est formulée dans la Note VII de l'*Exposition du système du monde* (6ᵉ édition, 1835), n'a pas cessé d'occuper le monde savant. Je n'ai pas l'intention de l'examiner ici dans son ensemble. Je n'en retiendrai qu'un trait essentiel, celui qui touche à la formation des planètes. Selon le grand géomètre, la nébuleuse solaire, en se contractant, a abandonné dans la zone équatoriale une succession d'anneaux, relativement minces et étroits, qui ont continué à circuler autour du Soleil. Chacun de ces anneaux tournait tout d'une pièce, par suite du

(¹) L'Académie décide que cette Communication, bien que dépassant les limites réglementaires, sera insérée en entier.

frottement réciproque des molécules qui avait égalisé leur vitesse angulaire, très faible d'ailleurs. D'un anneau à l'autre, la vitesse variait, en conformité de la loi des aires. Enfin chacun de ces anneaux, en équilibre fort instable, s'étant rompu sous l'influence de causes quelconques, les débris se sont agglomérés soit en plusieurs masses distinctes, soit en une seule, assez puissante pour attirer à elle toutes les autres. « Ce dernier cas, dit Laplace, » a été le plus commun : cependant le système solaire nous offre le premier » cas dans les quatre petites planètes qui se meuvent entre Jupiter et Mars, » à moins qu'on ne suppose, avec M. Olbers, qu'elles formaient primi- » tivement une seule planète qu'une forte explosion a divisée en plusieurs » parties animées de vitesses différentes. »

» Aujourd'hui l'hypothèse d'une explosion est abandonnée et les planètes télescopiques se comptent par centaines. Je me suis demandé si, précisément à raison de leur nombre, elles ne fourniraient pas un moyen, qui avait manqué à Laplace, de vérifier la justesse de son point de vue. En effet, ce groupe astronomique s'offre dans des conditions particulièrement favorables. Les perturbations, pour certains éléments similaires, doivent se compenser à très peu près, lorsqu'on base l'étude sur un aussi vaste ensemble d'orbites planétaires; la moyenne des valeurs des grands axes, par exemple, ou des excentricités ne doit pas différer sensiblement d'une époque à une autre. En s'en tenant donc à des moyennes obtenues à l'aide de grands nombres, on a chance de mettre en évidence des lois qui ne s'aperçoivent pas chez des astres isolés.

» J'ai choisi les 428 premières planètes cataloguées à l'*Annuaire du Bureau des Longitudes de* 1899. Je me suis arrêté à ce chiffre, parce que les planètes suivantes n'étaient pas entièrement déterminées. L'Annuaire de 1900 en a ajouté 15; mais je n'ai pas voulu recommencer les calculs, qui sont longs et minutieux : j'attendrai pour les reprendre que le nombre des nouvelles déterminations soit plus considérable. J'ai dû, dès l'abord, faire subir aux inclinaisons une double correction : 1° substituer le plan de l'équateur solaire à celui de l'écliptique; 2° les ramener toutes à la même date : j'ai adopté l'équinoxe et l'écliptique moyens de 1900. Les inclinaisons ainsi rectifiées sont comprises entre 0° et 30°, sauf celle de Pallas, qui atteint 36°14'. La moyenne générale est de 10°28'. L'anneau s'accuse déjà, avec la faible largeur relative signalée par Laplace. Quant à son épaisseur, on se rappellera que les planètes sont échelonnées dans un espace qui s'étend depuis deux fois environ le rayon de l'orbite terrestre jusqu'à quatre fois et un quart ce même rayon. A la vérité, plus des

92 centièmes, 396 sur 428, sont entre les distances 2,2 et 3,2, et la presque totalité est entre les distances 2 et 3,5. L'épaisseur n'en reste pas moins très grande; trop grande même, semble-t-il, pour un seul anneau : aussi ai-je été conduit à admettre plusieurs anneaux distincts, hypothèse qui, on le verra plus loin, acquiert un haut degré de probabilité. Les premières impressions se confirment à l'aspect de la distribution des astéroïdes; ils ne sont point répandus d'une manière uniforme, ni semés au hasard : ils forment comme des lits superposés, contrastant avec des bandes très pauvres. Ainsi, entre les distances 2,7 et 2,8, sur une épaisseur égale au dixième du rayon de l'orbite terrestre, on compte 83 astéroïdes, tandis que sur une épaisseur égale, entre les distances 2,45 et 2,55, on n'en rencontre que 12. De même, entre les distances 3,1 et 3,2, il existe 57 planètes, et 9 seulement sur une épaisseur double, entre les distances 3,2 et 3,4. Je ne multiplierai pas les exemples. Quelques astronomes ont essayé d'expliquer ces alternances par l'influence de Jupiter; mais outre que la relation n'est pas encore prouvée, elle ne rendrait compte ni de la génération même des astéroïdes, ni de certaines particularités que j'examinerai tout à l'heure.

» Enfin je citerai le fait suivant :

» La distance moyenne au Soleil des 428 astéroïdes est de 2,766. Si on les répartit en trois groupes, d'après leur inclinaison croissant de 10° en 10° (Pallas étant à l'écart), on constate que la distance moyenne, dans chacun de ces groupes, s'écarte fort peu de la moyenne générale.

» Le premier groupe, de 0° à 10°, comprend 237 planètes et a pour distance moyenne 2,757;

» Le deuxième groupe, de 10° à 20°, comprend 162 planètes et a pour distance moyenne 2,771;

» Le troisième groupe, de 20° à 30°, comprend 28 planètes et a pour distance moyenne 2,813.

» La moyenne générale étant représentée par 1, les moyennes partielles sont représentées par 0,997, 1,002 et 1,017. Si les astres s'étaient formés indépendamment les uns des autres, on n'apercevrait pas la raison d'une semblable régularité.

» Je passe à d'autres considérations et, en vue de faciliter l'application du calcul, je réduirai l'hypothèse de Laplace à ses termes les plus simples. Je supposerai qu'il y a eu, à l'origine, solidarité entre les corpuscules ou embryons d'astéroïdes engagés dans un même anneau; ceux-ci, pen-

dant la rotation, gardaient leurs positions relatives, comme s'ils avaient fait partie d'un solide géométrique. La vitesse angulaire, très faible en tout cas, était telle que sur la face extérieure de l'anneau les molécules, ainsi que l'explique Laplace, satisfaisaient à la relation d'équilibre entre la force centrifuge et l'attraction solaire : $V^2 = \frac{f}{R}$, V étant la vitesse linéaire ou tangentielle, R la distance au Soleil, et f l'attraction à l'unité de distance. Les molécules situées à l'intérieur de l'anneau possédaient nécessairement des vitesses linéaires moindres, puisqu'elles avaient la même vitesse angulaire et qu'elles étaient plus voisines du Soleil. Après cette première phase, les phénomènes complexes qui ont marqué la dislocation de l'anneau et l'agrégation de sa matière en masses distinctes seront résumés ici en un seul : j'admettrai que dans le même instant le soi-disant solide géométrique s'est brisé de toutes parts et que chaque astéroïde, à un état de formation plus ou moins avancé, a cédé librement à l'attraction solaire. Il a dès lors décrit une courbe elliptique dont l'aphélie coïncide avec le point précis où il se trouvait quand la rupture s'est produite. Les corpuscules voisins de la surface extérieure ont pu continuer à parcourir des cercles ou des orbites presque circulaires, s'ils ont été peu dérangés de la position d'équilibre.

» Envisageons un astéroïde quelconque à l'intérieur de l'anneau. Soient R sa distance au Soleil au moment de la rupture, λ sa latitude, qui mesure l'inclinaison de l'orbite sur l'équateur solaire; soit R_0 la distance au Soleil, prise dans le plan équatorial, de la face extérieure de l'anneau (¹). L'excentricité e de l'ellipse est donnée par la formule générale

$$e = \sqrt{1 - \frac{kc^2}{f^2}},$$

dans laquelle k et c désignent des constantes qui dépendent de l'attraction et de la vitesse tangentielle à l'origine de la courbe. Cette vitesse, alors que l'anneau forme un système géométrique, peut s'exprimer au moyen de R, R_0 et λ, en sorte que la quantité sous le radical devient

$$1 - \frac{R^3}{R_0^3}\cos^2\lambda\left(2 - \frac{R^3}{R_0^3}\cos^2\lambda\right),$$

(¹) Je précise le *plan équatorial*, parce que, hors de ce plan, la distance qui correspond à l'équilibre n'est pas tout à fait la même.

qui se ramène aisément à $\left(1 - \frac{R^3}{R_0^3}\cos^2\lambda\right)^2$. Par suite, on a

$$(1) \qquad e = 1 - \frac{R^3}{R_0^3}\cos^2\lambda \qquad \text{ou bien} \qquad e = 1 - \left(1 - \frac{\varepsilon}{R_0}\right)^3\cos^2\lambda;$$

en désignant par ε la profondeur à laquelle se trouvait l'astéroïde dans l'anneau, à l'instant de la rupture.

» Cette excentricité, pour une même latitude, augmente avec la profondeur. Si l'on appelle E l'épaisseur de l'anneau, l'excentricité maxima sera $1 - \left(1 - \frac{E}{R_0}\right)^3\cos^2\lambda$, et la moitié de cette quantité représentera approximativement l'excentricité moyenne des astéroïdes sous la même latitude, ce qui permet d'écrire

$$(2) \qquad 2e = 1 - \left(1 - \frac{E}{R_0}\right)^3\cos^2\lambda,$$

e étant cette excentricité moyenne.

» Si nous imaginons que λ désigne, non plus une latitude particulière, mais la latitude ou l'inclinaison moyenne de tous les astéroïdes de l'anneau, cette même équation exprimera leur excentricité moyenne.

» Subdivisons l'anneau en trois groupes, comme nous divisions tout à l'heure la formation entière. Soient λ_1, λ_2 et λ_3, e_1, e_2 et e_3 les inclinaisons et les excentricités moyennes de ces trois groupes; l'épaisseur étant sensiblement constante dans l'étendue de l'anneau, on aura les trois relations :

$$(3) \quad \begin{cases} 2e_1 = 1 - \left(1 - \frac{E}{R_0}\right)^3\cos^2\lambda_1, \qquad 2e_2 = 1 - \left(1 - \frac{E}{R_0}\right)^3\cos^2\lambda_2, \\ \qquad\qquad 2e_3 = 1 - \left(1 - \frac{E}{R_0}\right)^3\cos^2\lambda_3. \end{cases}$$

» Puisque nous raisonnons sur des moyennes, j'admettrai que l'anneau considéré représente l'état moyen des choses dans les divers anneaux, en sorte que les inclinaisons et les excentricités moyennes qui figurent dans ces relations sont précisément celles des groupes tracés dans la formation tout entière.

» Recherchons maintenant les inclinaisons et les excentricités *réelles* de ces mêmes groupes, telles qu'elles résultent des chiffres de l'*Annuaire :*

» 1° Les 237 planètes du groupe compris entre 0° et 10° ont une inclinaison moyenne de 7°11′ et une excentricité moyenne de 0,1332;

» 2° Les 162 planètes du groupe de 10° à 20° ont une inclinaison moyenne de 14°2′ et une excentricité moyenne de 0,1574;

» 3° Les 28 planètes du groupe de 20° à 30° ont une inclinaison moyenne de 23° 58′ et une excentricité moyenne de 0,2042.

» L'excentricité moyenne croît nettement avec l'inclinaison, ce qui est d'accord avec les relations (3). Mais la progression réelle, qui atteint 52 pour 100 du premier au troisième groupe, est-elle conforme à la progression théorique? C'est ce que je vais examiner.

» La fraction $\frac{E}{R_0}$ est inconnue. Mais nous pouvons l'éliminer, et il vient

$$\frac{1-2e_1}{\cos^2\lambda_1} = \frac{1-2e_2}{\cos^2\lambda_2} = \frac{1-2e_3}{\cos^2\lambda_3}. \tag{4}$$

» Ce sont, à proprement parler, les équations de condition auxquelles les nombres réels doivent satisfaire.

» En d'autres termes, la valeur d'un de ces rapports étant donnée, on peut, à l'aide des formules, trouver la valeur des excentricités correspondant aux autres inclinaisons. Ainsi, en déterminant, par exemple, le premier rapport au moyen de l'*Annuaire,* c'est-à-dire en faisant $e_1 = 0,1332$ et $\lambda_1 = 7° 11'$, on déduira e_2 et e_3, et ces chiffres devront, si la théorie est exacte, différer très peu de ceux qu'a procurés l'observation directe. En effet, si l'on opère les calculs, on obtient :

	Excentricités	
Inclinaisons.	théoriques.	réelles.
$\lambda_2 = 14° 2'$	$e_2 = 0,15$	0,1574
$\lambda_3 = 23° 58'$	$e_3 = 0,19$	0,2042

» Les résultats analytiques concordent d'une manière surprenante avec ceux qui ont été tirés de l'*Annuaire;* ils semblent fournir une preuve sérieuse à l'appui d'une des propositions fondamentales émises par Laplace dans son hypothèse cosmogonique.

» L'exactitude des relations (3) se trouvant ainsi confirmée, il est facile d'évaluer $\frac{E}{R_0}$; il suffit, dans l'une quelconque d'entre elles, de remplacer l'inclinaison et l'excentricité par leurs grandeurs réelles. On aboutit à trois chiffres voisins : 0,94, 0,1 et 0,11; j'accepterai le chiffre intermédiaire 0,1 comme le plus probable. C'est, du reste, celui qu'on déduirait de l'équation (2), en étendant celle-ci à la formation entière, c'est-à-dire en y remplaçant λ et e par l'inclinaison et l'excentricité moyennes des 428 astéroïdes, lesquelles sont 10° 29′ et 0,147.

» La longueur R_0, distance moyenne de la face extérieure des anneaux

au Soleil, n'est pas connue. En aucun cas elle ne saurait s'écarter beaucoup de 2,766 et par suite E ne s'écarte pas de 0,2766. Si l'on suppose que le centre de la formation est occupé par un anneau différant peu de la moyenne, alors R_0 est égal à $2,766 + \frac{1}{2}E$, et le dixième de cette quantité est égal à E : autrement dit, E est égal à 0,29. Ce n'est évidemment là qu'une approximation, mais je ne la crois pas très erronée et nous en aurons bientôt une confirmation.

» En négligeant 7 planètes tout à fait excentriques, les 421 autres sont situées entre les distances 2 [1] et 3,5. Dans cette étendue, il y aurait place pour cinq anneaux, d'une épaisseur inégale sans doute, mais dont la moyenne serait 0,29 environ. Leur richesse en astéroïdes serait d'ailleurs très variable. L'anneau médian, même s'il ne dépasse pas l'épaisseur moyenne, comprendrait 160 planètes, c'est-à-dire beaucoup plus que le tiers du total.

» La pluralité des anneaux, à laquelle nous sommes conduit, paraît beaucoup plus vraisemblable, à raison de la grande étendue de la formation, que l'hypothèse d'un anneau unique. Elle concorde parfaitement avec l'existence constatée d'excentricités nulles ou très faibles à des distances fort inégales du Soleil, ainsi qu'avec les excentricités très diverses qu'on observe à une même latitude. Ces faits, en apparence irréguliers, sont la conséquence naturelle de la loi en vertu de laquelle, dans chaque anneau, l'excentricité croît de la face extérieure à la face intérieure. Et, puisque je parle de *loi*, je tiens à répéter que toutes les relations dont je m'occupe ici ne sont que l'expression de *moyennes*. Elles ne se vérifient pas nécessairement sur un astre isolé ou même sur un nombre d'astres restreint. Trop de circonstances ont pu, dans des cas particuliers, contrarier ou masquer les effets de la tendance générale. Nous ignorons en quel état se trouvaient les astéroïdes au moment où l'anneau s'est rompu. Que s'est-il passé ensuite? Quelle influence a exercée le milieu ambiant, dont la densité n'était pas encore négligeable? Quelles sont au juste les variations subies par les orbites depuis leur origine? Avec tant de causes d'incertitude, ce qui peut étonner, c'est qu'on arrive à des résultats aussi voisins de la réalité, même en se bornant à des moyennes.

» Reprenons la formule $2e = 1 - \left(1 - \frac{E}{R_0}\right)^3 \cos^2\lambda$, qui exprime l'excen-

---

[1] L'*Annuaire* de 1900 signale une planète, la 434e, à la distance 1,946. Mais cela ne change rien à mon exposé.

tricité moyenne des astéroïdes d'un anneau, dont la latitude ou l'inclinaison moyenne est λ. Pour un autre anneau, dont l'épaisseur et l'inclinaison moyennes seraient les mêmes, l'excentricité varierait en sens inverse de R_0, c'est-à-dire augmenterait ou diminuerait selon que l'anneau serait plus rapproché ou plus éloigné du Soleil. Comme il n'est pas probable que l'épaisseur des anneaux, en deçà de la distance moyenne 2,766, soit très différente de l'épaisseur des anneaux au delà, il s'ensuit, si la théorie est exacte, qu'en prenant tous les astéroïdes en dedans d'une sphère de rayon $L = 2,766$ et les comparant aux astéroïdes en dehors, on doit trouver pour les premiers une excentricité moyenne supérieure à celle des seconds. C'est en effet ce que j'ai constaté d'après les chiffres de l'*Annuaire*. L'excentricité moyenne des 229 planètes intérieures à la sphère L est de 0,159, tandis que l'excentricité moyenne des 199 planètes extérieures n'est que de 0,133. L'écart est de 20 pour 100. L'inclinaison ne joue ici aucun rôle, car sa valeur moyenne est pareille dans les deux régions : 10°24′ à l'intérieur et 10°33′ à l'extérieur. Il reste à voir si l'écart réel est à peu près conforme à celui qu'indique la théorie.

» Imaginons deux anneaux, de même épaisseur et de même latitude moyenne, et situés à la même distance δ de la sphère L, l'un en deçà l'autre au delà, la distance étant comptée à partir du milieu de l'épaisseur de l'anneau. Soient e' et e'' les excentricités moyennes correspondantes; on a

$$2e' = 1 - \left(1 - \frac{E}{L + \frac{1}{2}E - \delta}\right)^3 \cos^2\lambda, \quad \text{et} \quad 2e'' = 1 - \left(1 - \frac{E}{L + \frac{1}{2}E + \delta}\right)^3 \cos^2\lambda.$$

» En fait, nous ignorons comment les anneaux sont répartis et quelle est leur épaisseur individuelle. Mais nous ne nous éloignerons sans doute pas beaucoup de la vérité si, pour obtenir l'excentricité moyenne de toute la portion soit intérieure soit extérieure à la sphère L, nous remplaçons δ par la distance moyenne de ladite portion à la sphère. D′ et D″ désignant ces deux distances, les excentricités seront données par les relations :

$$(5) \qquad \left\{ \begin{aligned} 2e' &= 1 - \left(1 - \frac{E}{L + \frac{1}{2}E - D'}\right)^3 \cos^2\lambda, \\ &\text{et} \\ 2e'' &= 1 - \left(1 - \frac{E}{L + \frac{1}{2}E + D''}\right)^3 \cos^2\lambda. \end{aligned} \right.$$

» J'ai négligé la très légère différence de l'inclinaison.

» Les valeurs de D′ et D″, déterminées au moyen de l'*Annuaire*, sont les

mêmes : 0,236 et 0,234, nouvelle marque de l'unité et de la régularité de la formation. Toutes les quantités du second membre, sauf E, sont fournies par l'observation, et quant à E, le calcul précédent lui a assigné la valeur approximative 0,29.

» Les substitutions opérées, on est à même de faire les rapprochements suivants :

	Excentricités	
	théoriques.	réelles.
e'	0,159	0,159
e''	0,138	0,133

Ils confirment entièrement les prévisions.

» Réciproquement, on peut, dans les équations (5), considérer l'épaisseur E comme inconnue et se servir, pour la calculer, des valeurs de l'excentricité fournies par l'observation. On obtient deux chiffres très voisins, 0,29 et 0,278, dont le premier se confond avec celui que nous possédons déjà. Cette seconde manière de déterminer E est entièrement distincte de la précédente. Elle fait usage des distances au Soleil, tandis que la première utilise les inclinaisons. Or les unes et les autres sont empruntées à l'observation directe et ne doivent rien à la théorie. C'est donc une concordance de plus à enregistrer.

» En résumé :

» Conformément aux idées de Laplace, les planètes télescopiques paraissent s'être formées successivement dans plusieurs couches sphériques concentriques au Soleil. Dans chacun de ces anneaux, la matière cosmique a été animée à l'origine d'un mouvement de rotation commun, variable d'un anneau à l'autre, et a donné naissance, après la rupture, à plusieurs masses distinctes.

» Des considérations théoriques basées sur ces prémisses nous ont, en effet, conduit aux conclusions analytiques suivantes, qui sont en accord avec les faits observés :

» 1° Si l'on divise les planètes en trois groupes, d'après leur inclinaison croissant de 10° en 10°, la distance moyenne au Soleil des planètes de ces divers groupes est sensiblement constante;

» 2° L'excentricité moyenne des orbites augmente d'un groupe à l'autre avec l'inclinaison; l'écart entre les deux groupes extrêmes n'est pas inférieur à 52 pour 100;

» 3° Si l'on forme deux zones à l'aide d'une sphère d'un rayon égal à la moyenne distance de toutes les planètes au Soleil, l'excentricité moyenne des planètes de la première zone, ou planètes intérieures, surpasse de 20 pour 100 l'excentricité moyenne des planètes extérieures.

» J'ai cru pouvoir fixer le nombre des anneaux à cinq (pour la région occupée par 421 astéroïdes) et leur épaisseur moyenne aux $\frac{29}{100}$ du rayon de l'orbite terrestre. »

PHYSIQUE. — *Sur la transparence de l'aluminium pour le rayonnement du radium.* Note de M. **Henri Becquerel.**

« Dans une des dernières séances de l'Académie ([1]), j'ai indiqué quelques expériences montrant que la transmission du rayonnement du radium au travers d'un écran était accompagnée de plusieurs phénomènes distincts : une absorption élective, une diffusion parfois considérable, une émission de rayons secondaires comprenant des rayons déviables par un champ magnétique et des rayons qui ne le sont pas, et enfin une transmission directe d'une partie du rayonnement issu de la source. Cette partie transmise paraît identique avec la partie correspondante du rayonnement incident et subit la même déviation magnétique. Ces faits me paraissaient démontrés, tant par les expériences de la Note précitée que par tout un ensemble de mes expériences antérieures, et j'aurais jugé inutile de revenir sur cette démonstration si, dans la même séance, M. Villard n'avait pas publié une Note dans laquelle il avait cru pouvoir déduire, de deux séries d'expériences, des conclusions en désaccord avec celles qui viennent d'être énoncées. Je me suis proposé alors de vérifier sous une autre forme l'exactitude de mes premières observations.

» J'ai projeté au travers d'un écran d'aluminium, sur une plaque photographique enveloppée de papier noir, l'ombre d'une tige de cuivre interceptant le rayonnement d'une cuve linéaire contenant du radium, et j'ai constaté, comme on devait s'y attendre d'après mes expériences antérieures, que cette ombre était déviée lorsque l'on réalisait l'expérience dans un champ magnétique.

» L'expérience était disposée de la manière suivante : entre les larges surfaces polaires d'un électro-aimant, distantes de $0^m,16$, on avait placé la

([1]) *Comptes rendus*, t. CXXX, p. 979; 9 avril 1900.

source radiante formée de chlorure de baryum radio-actif rassemblé dans une rainure de 1^{mm} de large environ, pratiquée dans un bloc de plomb et orientée parallèlement aux lignes de force. Au-dessus, et parallèlement à la rainure, était disposée une tige de cuivre cylindrique, de 4^{mm} de diamètre, dont l'axe était à $11^{mm},5$ de la source, puis, à une égale distance au-dessus, on plaçait horizontalement une plaque photographique enveloppée de papier noir.

» Dans ces conditions, quand l'électro-aimant n'est pas excité, on obtient sur la plaque photographique une ombre dont les dimensions, ombre et pénombre, coïncident avec celles qu'on obtient par la construction géométrique de trajectoires rectilignes, en tenant compte de la largeur de la source.

» Si l'on vient alors à exciter l'électro-aimant, de façon que le champ reste faible, les trajectoires de rayonnement, dans un plan perpendiculaire au champ, sont des cercles de grand rayon, et l'ombre est déplacée en conservant à peu près la même largeur, limitée du côté le plus dévié par l'impression due aux rayons les moins déviables et, de l'autre, par le spectre des rayons les plus déviables non arrêtés par le papier noir.

» En renversant le sens du courant la déviation change de sens, et, par une disposition décrite dans mes Notes antérieures, en cachant successivement chaque moitié de la plaque par un écran opaque, on peut obtenir sur la même épreuve les deux déviations inverses. On a ainsi deux bandes blanches décalées l'une par rapport à l'autre de 6^{mm} à 7^{mm}.

» Si l'on vient maintenant à placer au contact de la tige horizontale, soit au-dessus, soit au-dessous, une lame d'aluminium de $0^{mm},1$ d'épaisseur, inclinée à 45°, l'ombre s'observe encore sur la plaque photographique, mais elle est affaiblie par une impression diffuse due à des rayons secondaires ou diffusés; l'ombre a la même largeur que s'il n'y avait pas d'écran d'aluminium, ce qui est conforme aux expériences décrites dans ma dernière Note.

» Si l'on excite alors l'électro-aimant, l'ombre est déviée, et le décalage correspondant à l'interversion du courant est un peu moindre que lorsqu'il n'y a pas d'écran d'aluminium. Cette différence est due à ce que le rayon de courbure des trajectoires du rayonnement qui donne l'impression photographique maximum au travers du papier noir, est plus petit que celui des rayons moins déviables qui, au travers de l'aluminium, donnent le maximum d'impression photographique, comme je l'ai démontré antérieurement.

» Les dimensions des ombres et leur déplacement ne permettent pas de mettre en doute que ces ombres ne soient produites par un rayonnement issu de la source, traversant l'écran, et dévié par le champ magnétique avant et après le passage au travers de l'écran.

» L'écran en contact avec la tige opaque peut être placé soit au-dessus, soit au-dessous, sans que le résultat de l'expérience en soit modifié.

» Lorsque l'écran ne s'étend pas jusqu'au contact de la plaque photographique, le bord rectiligne de cet écran donne une ombre déviée également dans le champ. Cette ombre, donnée par le bord des écrans, est un phénomène que j'ai observé il y a quatre ans, dès mes premières recherches, et sur lequel je reviendrai plus loin.

» Si l'on couvre la cuve contenant la matière radio-active avec une lamelle de verre de $0^{mm},1$ d'épaisseur, les déviations observées soit sans écran d'aluminium, soit au travers de l'écran incliné, sont les mêmes que dans les expériences qui viennent d'être décrites.

» Ces faits, de même que ceux que j'ai décrits antérieurement, sont contraires aux conclusions des expériences de M. Villard, conclusions qu'il formule ainsi (¹) : « Le faisceau qui, dans mes expériences, traversait » sans se réfracter la lame d'aluminium inclinée, correspond aux rayons » non déviables.... Les rayons déviables, au contraire, se comportent » comme les rayons cathodiques et émergent normalement à la lame tra» versée ».

» L'expérience sur laquelle M. Villard fonde cette dernière assertion ne me paraît pas concluante. Lorsqu'on intercepte par un écran une partie d'un faisceau issu d'une source radio-active, le bord de cet écran projette une ombre; c'est, comme je l'ai rappelé plus haut, une des plus anciennes observations que j'aie eu l'occasion de faire (²). Dans l'expérience faite par M. Villard, les deux parties du rayonnement, le faisceau direct et le faisceau transmis au travers de l'aluminium, sont séparées par cette ombre, qui peut donner l'apparence d'une déviation du faisceau, sans que cette déviation existe réellement. J'ai souvent observé ce phénomène.

» L'expérience que M. Villard a réalisée dans un champ magnétique est également en contradiction avec mes observations. Lorsqu'on place dans un champ magnétique du chlorure de baryum très actif, préparé par M. et Mme Curie, formant une source linéaire, au-dessous d'une fente, et

(¹) *Comptes rendus*, t. CXXX, p. 1012.
(²) *Ibid.*, t. CXXII, p. 564, et t. CXXVIII, p. 774.

qu'on reçoit le rayonnement sur une plaque photographique inclinée, non enveloppée, on observe les effets suivants : Si pour éviter l'action de la lumière émise par la substance on couvre la source d'une mince lame d'aluminium, de $0^{mm},01$ d'épaisseur par exemple, l'impression se compose de trois parties : un faisceau rectiligne non dévié, un faisceau dévié, et une impression diffuse moins intense non déviée, symétrique de part et d'autre du faisceau non dévié. Une mince lame de plomb de $0^{mm},15$ d'épaisseur substituée à l'aluminium arrête le faisceau rectiligne; elle ne transmet que des rayons déviables et un rayonnement diffus non dévié très intense. Lorsqu'on enveloppe de papier noir la plaque photographique, la partie non déviée du rayonnement qui donnait une forte impression rectiligne est arrêtée, et il ne reste plus que la partie déviée et la partie diffuse non déviée. Le faisceau rectiligne non dévié correspond donc bien aux rayons non déviables et peu pénétrants qui ont été observés par M. et Mme Curie dans le rayonnement du radium. Les effets obtenus sont les mêmes lorsque la fente est pratiquée soit dans du plomb, soit dans du verre.

» Si le chlorure de radium qui a servi à ces expériences émettait avec une intensité comparable à celle du rayonnement étudié des rayons non déviables très pénétrants, l'existence de ces rayons n'aurait pu échapper aux expériences de M. et Mme Curie ou aux miennes, et, si les observations de M. Villard sont exactes, il faudrait chercher la cause du désaccord, soit dans la nature du produit actif qu'il a employé, soit dans l'existence de rayons moins intenses et très pénétrants, comme ceux de l'uranium, dont l'effet n'apparaîtrait qu'après une longue pose.

» Au cours de ces expériences j'ai eu l'occasion de constater l'altération profonde du verre et de divers métaux, observée déjà par M. et Mme Curie, et j'ai vérifié de nouveau que ces matières, altérées, et auxquelles le rayonnement a communiqué le pouvoir temporaire de rendre l'air conducteur, ainsi que l'ont découvert M. et Mme Curie, n'impressionnent pas une plaque photographique sur laquelle elles sont posées pendant plus de douze heures; j'avais du reste déjà fait cette observation il y a plusieurs mois (1). »

---

(1) *Comptes rendus*, t. CXXIX, p. 917.

CHIMIE MINÉRALE. — *Étude du fluorure manganeux.*
Note de MM. **Henri Moissan** et **Venturi.**

« L'étude du fluorure manganeux est très incomplète; nous avons été amenés à la reprendre à propos d'un travail d'ensemble poursuivi par l'un de nous sur les composés fluorés du manganèse.

» Brünner avait indiqué anciennement que l'on pouvait préparer le fluorure manganeux en dissolvant le carbonate de manganèse dans l'acide fluorhydrique étendu (1). Beaucoup plus tard, en 1863, Röder (2) décrivit, comme autre procédé de préparation, la fusion d'un mélange de chlorure de manganèse et de fluorure de sodium, puis l'épuisement de la masse par l'eau. Aucun de ces auteurs n'avait poursuivi l'étude méthodique de ce fluorure manganeux.

» Préparation du fluorure manganeux : 1° *Par l'action d'une solution d'acide fluorhydrique sur le manganèse métallique.* — Le manganèse se dissout avec une grande facilité à froid, dans l'acide fluorhydrique étendu, en donnant un liquide à peine rosé, sous une grande épaisseur. Cette solution, abandonnée à la température ordinaire, laisse déposer, par évaporation lente, des cristaux de fluorure de manganèse hydraté. Si l'on porte cette même solution à l'ébullition, elle se trouble rapidement et la majeure partie du manganèse se précipite sous forme de fluorure anhydre.

» La préparation se fait de la façon suivante : On place dans une capsule d'argent de l'acide fluorhydrique étendu et l'on refroidit extérieurement cette capsule par un rapide courant d'eau. On introduit ensuite, et par petites quantités, des fragments de fonte de manganèse préparée au four électrique. L'attaque du métal se produit très rapidement, et si le liquide ne s'échauffe pas, tout le fluorure reste en solution. Lorsque la dissolution du métal est complète, on filtre pour séparer le graphite que contenait la fonte de manganèse. La solution limpide est portée à l'ébullition pendant cinq minutes, et il se produit de suite un précipité d'une poudre blanche cristalline de MnF^2. On enlève le liquide surnageant, on lave par décantation à l'eau froide, et, après filtration, le fluorure est chauffé à l'étuve à + 120°.

(1) Brünner, *Poggendorffs Annalen*, t. CI, p. 264: année 1857.
(2) Röder, *Thèse de Göttingen*, année 1863.

» 2° *Action de l'acide fluorhydrique gazeux sur le manganèse.* — Le gaz acide fluorhydrique attaque la fonte de manganèse avec incandescence au-dessous du rouge. La réaction est assez vive pour que la nacelle de platine dans laquelle se trouve le métal soit parfois fondue en partie.

» Le fluorure, tel qu'on le recueille dans cette préparation, est fondu et possède une couleur rose très claire. Un produit de même aspect est obtenu lorsque l'on chauffe, au rouge, le fluorure cristallin dans un courant de gaz acide fluorhydrique.

» 3° *Décomposition du fluosilicate manganeux.* — Le fluosilicate manganeux hydraté et cristallisé, préparé par l'action de l'acide fluosilicique sur le carbonate de manganèse, peut être desséché sans décomposition sensible. Calciné à la température de 1000° dans un courant d'acide fluorhydrique, il donne du fluorure manganeux très pur. Toutes ces expériences sont faites dans des appareils en platine.

» 4° *Action de l'acide fluorhydrique aqueux sur le carbonate de manganèse.* — Si l'on dissout le manganèse pur dans l'acide fluorhydrique étendu, on peut obtenir une solution limpide en évitant toute élévation de température. Il se produit alors une solution de fluorure hydraté. Si le liquide s'échauffe, ou si l'on se trouve en présence d'acide concentré, il se précipite de suite une certaine quantité de fluorure anhydre. Il ne faut pas oublier, ce qui avait échappé à Brünner, que le fluorure manganeux décompose l'eau à l'ébullition dans le platine en donnant un oxyfluorure.

» 5° *Préparation du fluorure manganeux cristallisé.* — Pour préparer le fluorure manganeux cristallisé, on utilise la propriété qu'il possède de se dissoudre dans le chlorure de manganèse anhydre et fondu.

» On place dans un creuset de platine un mélange de chlorure de manganèse et de fluorure amorphe dans les proportions suivantes : $MnCl^2$ (fondu), 220gr; MnF^2 (bien sec), 160gr.

» Le creuset de platine est disposé dans un creuset de porcelaine que l'on brasque avec du charbon dans un creuset de terre. Cet appareil est chauffé modérément au rouge pour amener la fusion du mélange, puis on laisse refroidir lentement. On lave ensuite à l'eau froide, puis à l'acide acétique étendu et à nouveau à l'eau froide.

» *Analyse du fluorure manganeux.* — Les échantillons obtenus par ces différents procédés de préparation ont été analysés; ils répondent tous à la formule du fluorure anhydre MnF^2.

	1.	2.	3.	4.	5.	Théorie.
Manganèse....	60,89	59,71	59,91	59,78	59,84	59,14
Fluor.........	»	»	»	40,10	39,80	40,86

» *Propriétés.* — Le fluorure manganeux anhydre cristallise en beaux prismes teintés de rose pouvant atteindre 1^{cm} de longueur. Sa densité est de 3,98 ; son point de fusion est de 856°. Ce fluorure est à peu près insoluble dans l'eau, dans l'alcool et dans l'éther. Ainsi que nous l'avons indiqué plus haut, il est soluble dans le chlorure manganeux en fusion.

» Le fluorure manganeux est réductible par l'hydrogène. Si l'on chauffe ce fluorure anhydre à la température de 500° dans un courant d'hydrogène, il se dégage de l'acide fluorhydrique, mais la réduction est très lente. Après une expérience de trois heures, elle était à peine commencée. Nous avons alors placé le fluorure anhydre dans une nacelle de charbon disposée dans un tube de porcelaine traversé par un courant d'hydrogène pur. Cet appareil pouvait être porté à une température voisine de 1000°. Dans ces conditions, la réduction est complète et l'on obtient une poudre légèrement carburée qui est formée de manganèse métallique ([1]).

» Le fluor réagit lentement à froid sur le fluorure manganeux. Pour peu que l'on élève la température, l'absorption du fluor devient rapide et il se produit alors le sesquifluorure de manganèse cristallisé Mn^2F^6, qui a été décrit précédemment par l'un de nous ([2]).

» Le chlore ne réagit point à froid sur le fluorure manganeux, mais vers le rouge sombre, le produit noircit, et, en opérant dans un tube de verre, on recueille du gaz fluorure de silicium. En répétant cette expérience vers 1200° dans un tube de porcelaine traversé par un courant de chlore, l'attaque est plus profonde, et il reste un produit ayant l'apparence du chlorure de manganèse fondu. Cette réaction se fait dans des nacelles de graphite pur, chauffées préalablement dans le chlore à la même température. Cependant dans cette nouvelle expérience, qui a été répétée plusieurs fois, nous ne sommes pas arrivés à chasser complètement tout le fluor. Il se fait ici un équilibre variable avec la température et la vitesse du courant de chlore gazeux.

» Le résidu, repris par l'eau ou épuisé par l'alcool à 90° au réfrigérant ascendant, nous a permis d'enlever le chlorure de manganèse et d'isoler des cristaux de fluorure non attaqués. Nous n'avons pu démontrer, dans cette expérience, l'existence d'un fluochlorure de manganèse défini.

» L'oxygène sec ne commence à réagir sur le fluorure manganeux qu'à la température de 400°, mais l'attaque n'est que superficielle. En mainte-

---

([1]) Le carbone provient de la nacelle de graphite.

([2]) H. Moissan, *Préparation et propriétés d'un perfluorure de manganèse* (*Comptes rendus*, t. CXXX, p. 622).

nant pendant plusieurs heures une petite quantité de fluorure dans l'oxygène sec, à la température de 1000°, la transformation est complète, et l'on prépare ainsi l'oxyde Mn^3O^4 cristallisé. Cet oxyde ne renferme plus de fluor; il contient Mn pour 100 : 72,7 — 73,1. La théorie pour Mn^3O^4 exigerait 72,3.

» Dans la vapeur de soufre vers 1000°, le fluorure est rapidement transformé en sulfure vert de manganèse.

» Le carbone n'a pas d'action sur le fluorure de manganèse vers 1200°; au contraire, le silicium décompose ce fluorure vers 1000° en donnant un siliciure très bien cristallisé.

» Dans les mêmes conditions, le bore produit un dégagement de fluorure de bore et fournit un borure de manganèse cristallisé attaquable par l'acide chlorhydrique étendu.

» L'action de l'eau nous a semblé intéressante. Une ébullition prolongée altère le fluorure manganeux et fournit un oxyfluorure et de l'acide fluorhydrique. La solution devient plus acide par une ébullition prolongée, et les teneurs en manganèse et en fluor de la poudre recueillie vont en diminuant. Il se produit un mélange insoluble de fluorure anhydre et d'oxyfluorure.

» L'action de la vapeur d'eau produit une décomposition totale.

» L'expérience a été faite de la façon suivante : Le fluorure a été placé dans une nacelle de graphite que l'on a disposée dans un tube de même substance. Ce dernier était revêtu extérieurement d'un enduit de feldspath et de kaolin et placé lui-même dans un tube de porcelaine. L'appareil, traversé par un courant de vapeur d'eau, était maintenu à la température de 1200° à 1300°, dans un four à réverbère. Dans ces conditions, le fluorure a été complètement décomposé. Après l'expérience, il reste dans la nacelle un produit cristallisé de couleur vert émeraude et qui présente la composition du protoxyde de manganèse. Il renferme Mn pour 100 : 77,32. Théorie, Mn pour 100 : 77,52.

» A la même température, le fluorure manganeux, chauffé dans un courant d'hydrogène sulfuré, est transformé en sulfure vert cristallisé : Mn pour 100 : 63,50 — 63,40. Théorie, Mn pour 100 : 63,28.

» Le fluorure de manganèse est peu soluble dans l'ammoniac liquéfié. Cependant, il y a fixation sur la molécule de fluorure d'une certaine quantité d'ammoniac. Nous avons obtenu dans plusieurs expériences une poudre cristalline dont la composition répond sensiblement à la formule suivante : $3MnF^2, 2AzH^3$.

» Ce corps est dissociable lentement à la température ordinaire avec départ de gaz ammoniac; il laisse un résidu de fluorure manganeux.

» En présence du gaz ammoniac, vers 1200°, le fluorure manganeux est réduit partiellement avec formation d'un mélange de couleur brune dégageant de l'ammoniaque par la potasse en fusion.

» Les métaux alcalins, potassium et sodium, réduisent le fluorure de manganèse sans incandescence, au-dessus du rouge, et ils fournissent un métal pulvérulent, impur et de couleur grise. C'est la réaction de Brünner.

» L'aluminium et le magnésium réduisent de même sans incandescence le fluorure manganeux en donnant aussi un métal pulvérulent.

» Ce fluorure est rapidement soluble à froid ou à chaud dans les acides chlorhydrique et azotique concentrés. L'acide chlorhydrique étendu et l'acide acétique le dissolvent lentement. L'acide fluorhydrique concentré ne le dissout pas sensiblement, et l'acide sulfurique le décompose avec dégagement d'acide fluorhydrique.

» Les lessives de potasse et de soude ainsi que la solution ammoniacale le transforment lentement à l'ébullition en oxyde de manganèse et fluorure alcalin.

» Les carbonates alcalins fondus l'attaquent rapidement avec production d'oxyde de manganèse insoluble et de fluorure alcalin.

» La potasse fondue, l'azotate et le chlorate de potassium en fusion l'attaquent de même, au rouge sombre, avec production de fluorure et de manganate.

» Enfin, l'eau de chlore et l'eau de brome le décomposent lentement à la température ordinaire avec formation d'acide fluorhydrique et de bioxyde de manganèse.

» *Conclusions.* — Le fluorure manganeux MnF^2 peut se produire avec facilité à l'état de sable cristallin dans l'attaque du manganèse par l'acide fluorhydrique. On peut le préparer en beaux cristaux en utilisant la propriété qu'il possède d'être soluble dans le chlorure de manganèse fondu. Ce fluorure est insoluble dans l'eau, l'alcool et l'éther, par conséquent très différent du chlorure. C'est un composé facilement réductible par les métalloïdes et les métaux, donnant le plus souvent dans ces décompositions des produits cristallisés; il peut fixer du fluor avec facilité et reproduire alors le sesquifluorure cristallisé MnF^6. »

CHIMIE AGRICOLE. — *Cartes agronomiques du canton de Redon. De la composition des terres au point de vue de la chaux, de la magnésie, de la potasse et de l'azote.* Note de M. G. LECHARTIER.

« J'ai l'honneur de présenter à l'Académie les Cartes agronomiques des sept communes du canton de Redon ([1]), en même temps que la notice qui les accompagne et qui contient un exposé de la situation agricole dans cette partie du département d'Ille-et-Vilaine limitrophe du Morbihan. Ce travail a été effectué par la Station agronomique de Rennes avec le concours de M. du Halgouët, député d'Ille-et-Vilaine, et des membres du Comice agricole du canton. Il est résumé dans une Carte spéciale qui comprend le canton tout entier, dont le territoire s'étend sur une superficie de 16437 hectares.

» Toutes les terres n'appartiennent pas à la même formation géologique. On y rencontre dans la commune de Bains l'extrémité d'un massif granitique qui se continue dans le Morbihan. Au nord, au sud et à l'est, il est entouré par les assises du précambrien, qui s'étendent sur les communes de Sainte-Marie et de La Chapelle-Saint-Melaine, et qui sont désignées sur la Carte géologique de France sous le nom de *schistes* et *arkoses de Bains*.

» Le reste du canton appartient au silurien moyen, ou ordovicien, et au silurien supérieur ou gothlandien. C'est ainsi que les grès armoricains couvrent une partie des communes de Langon et de Renac; les schistes ardoisiers d'Angers forment trois bandes parallèles qui s'étendent sur une portion des précédentes communes, en même temps que celles de Redon et de Brain. Les assises du gothlandien, qui sont indiquées sur la Carte géologique de France sous le nom de *schistes* et *grès de Poligné*, se retrouvent également dans les sept communes. Enfin le canton est bordé sur tout son pourtour, sauf au nord, par les vallées de la Vilaine et de l'Oust, recouvertes de terres d'alluvions.

» On peut évaluer approximativement de la manière suivante les surfaces appartenant à chacun de ces terrains :

([1]) Les Cartes des communes sont à l'échelle de $\frac{1}{10000}$, celle du canton à l'échelle de $\frac{1}{20000}$.

Granit		660
Précambrien, schistes et arkoses de Bains		3986
Silurien moyen	Grès armoricain	1806
	Schistes d'Angers	3224
Silurien supérieur : schistes et grès de Poligné		4214
Alluvions anciennes et modernes		2500

» Laissant de côté les limites des communes, nous avons considéré à part les résultats analytiques qui se rapportent à chaque terrain. Il était d'autant plus utile d'effectuer ce travail que les mêmes formations géologiques se retrouvent dans d'autres parties du département d'Ille-et-Vilaine et dans d'autres départements limitrophes, la Loire-Inférieure et le Morbihan.

» Les échantillons de terre ont été prélevés avec la participation des membres du Comice, qui nous ont fourni des renseignements précis sur la valeur des terres, le mode de culture et la nature des engrais employés.

» Les analyses ont été effectuées à l'aide de procédés recommandés par le comité des stations agronomiques.

» Dans cette première Note nous nous occuperons de ces terres au point de vue de la chaux, de la magnésie, de la potasse et de l'azote, nous réservant de traiter à part la question de l'acide phosphorique.

» Pour la chaux et la magnésie, on a trouvé, pour 1000^{kg} de terre sèche, dans ces divers terrains :

	Chaux.			Magnésie.		
	Minima.	Moyenne.	Maxima.	Minima.	Moyenne.	Maxima.
Granit	0,23	0,65	1,35	0,16	0,84	1,50
Précambrien	traces	0,71	2,70	0,52	1,00	3,26
Grès armoricain	0,02	1,08	3,10	0,17	0,93	3,65
Schistes d'Angers	traces	0,58	2,03	0,19	1,35	3,97
Schistes et grès de Poligné	traces	0,86	1,74	0,17	0,90	3,09
Alluvions	traces	0,83	1,41	0,53	1,60	3,14

» Le même défaut existe dans toutes les terres appartenant à ces diverses formations géologiques. Elles se signalent par une très grande pauvreté en chaux : le maximum dépasse à peine $\frac{3}{1000}$, et nous avons rencontré dans les communes de Redon et de la Chapelle-Saint-Melaine des terres pour lesquelles le poids de chaux, séparé par les acides dans les conditions ordinaires de l'analyse, est trop faible pour pouvoir être apprécié par la balance.

» Ce dernier fait se constate pour des terres depuis longtemps en culture. Les sols de landes ne sont pas entièrement dépourvus de chaux : avant tout défrichement et tout apport d'engrais et d'amendements, on les voit contenir de 0,18 à 0,99 pour 1000 de chaux. Dans les terres anciennes réputées bonnes qui reçoivent des chaulages plus ou moins réguliers, la teneur s'élève à 2,70 pour 1000. Nous constaterons aussi que des champs produisant 20 à 30 hectolitres de froment à l'hectare ne renferment que 0,26 à 0,28 pour 1000 de chaux sur le précambrien et 0,67 à 0,80 sur les schistes d'Angers.

» Les amendements calcaires sont nécessaires dans toutes ces terres et sont employés régulièrement par les bons agriculteurs. En général, on chaule la sole réservée aux choux fourragers; cette culture rend de très grands services dans cette partie de la Bretagne pour l'alimentation du bétail dans toutes les fermes, où la betterave n'occupe qu'une place trop restreinte. On a reconnu qu'il est mauvais d'y appliquer la chaux aux terres qui sont ensemencées en froment, parce qu'elle contribue au développement exagéré de la végétation herbacée et nuit à la production du grain. Il en résulte que le chaulage est peu répandu dans les terres qui sont encore soumises à l'assolement triennal : sarrasin, blé, avoine. D'autre part, le canton ne possède pas de carrières de calcaire; la ligne de chemin de fer de Rennes à Redon le côtoie sans le pénétrer. La chaux est apportée par bateaux; pour la transporter jusqu'au centre et au nord du canton, les frais de transport constituent une charge que tous les petits cultivateurs ne peuvent pas supporter, et leur nombre est considérable dans le canton de Redon. Pour ces divers motifs les chaulages ne sont pas suffisamment généralisés.

» La magnésie entre dans la composition de la couche arable pour une proportion supérieure à celle de la chaux.

» Tous ces terrains présentent peu de différences entre eux au point de vue de ces deux principes.

» Cependant, on peut remarquer que les schistes d'Angers se signalent par une teneur plus élevée en magnésie en même temps que par une plus grande pauvreté en chaux; c'est l'inverse pour le grès armoricain.

» Les terres appartenant à ces diverses formations géologiques sont riches en potasse, et l'ensemble des champs où la teneur est inférieure à 2 millièmes n'occupent que les 6 à 7 centièmes de la surface totale du canton. Aussi les engrais potassiques n'y sont jamais employés. Dans toutes les fermes, on a recours au fumier, souvent même à l'exclusion de tout

engrais industriel. Le canton possède, dans les vallées de la Vilaine et de l'Oust, de vastes prairies submergées pendant une partie de l'année et produisant un foin plus ou moins grossier qui est bien accepté des bêtes bovines. Le canton nourrit ainsi un nombreux bétail qui produit des quantités relativement considérables de fumier toujours riche en potasse.

» Les quantités de potasse pour 1000^{kg} de terre sont les suivantes pour les divers terrains :

	Minima.	Moyennes suivant les communes.	Maxima.
Granit	2,64	3,44	4,20
Précambrien	0,44	2,48 à 5,15	7,05
Grès armoricain	0,79	2,68 à 3,53	4,49
Schistes d'Angers	0,99	2,34 à 4,19	4,98
Schistes et grès de Poligné	1,07	2,32 à 5,77	8,85

» Au point de vue de l'azote, les terres du canton de Redon possèdent une richesse moyenne supérieure à $\frac{1}{1000}$ et variant de 1,09 à 1,35. L'étendue des champs qui en contiennent moins de $\frac{1}{1000}$ ne dépasse pas les $\frac{14}{100}$ de la surface totale.

» La culture des céréales est relativement très développée dans le canton; mais l'absence d'une quantité de chaux suffisante pour neutraliser l'acidité du sol ralentit la transformation des matières organiques introduites dans le sol avec le fumier et entrave les trop fortes déperditions d'azote.

» La terre cultivée ne s'appauvrit pas en matières organiques. Dans les terres de la commune de Renac, on a dosé les matières humiques à l'aide du procédé Raulin. On a constaté que dans les vieilles terres la proportion d'humus n'est pas inférieure à celle que l'on rencontre dans les sols de landes et dans les défrichements récents; on peut le constater à l'aide des nombres suivants, qui se rapportent à 1000 parties en poids :

	Minima.	Moyennes.	Maxima.
Terres de landes ou bois	14,2	23,7	29,3
Défrichements de 3 à 20 ans	25,6	39,0	48,0
Prairies	33,7	41,8	53,3
Vieilles terres	21,3	34,2	45,7
Terres réputées bonnes	23,5	32,7	39,8

PALÉONTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur les tiges debout, les souches et racines de Cordaites.* Note de M. **Grand'Eury.**

« Je crois avoir montré, dans mes Communications précédentes, que les Cryptogames vasculaires du terrain houiller, par les diverses circonstances qui accompagnent le gisement de leurs tiges enracinées, d'accord avec l'ampleur de pousse des racines et leurs tissus lacuneux, se plaisaient à vivre dans les eaux mortes ou courantes des bassins de dépôt. Nous allons voir qu'il en était de même des *Cordaïtes,* et que ces arbres ligneux autrefois considérés par cela même comme les témoins d'une végétation de terre ferme, ne se sont peut-être, comme les Cyprès chauves dans le Dismal-Swamp, nulle part mieux développés que lorsque leur pied restait constamment submergé dans les bas niveaux des marais houillers.

» Dans l'étage stéphanien où abondent les Cordaïtes, et des graines aussi nombreuses que variées, il se rencontre aussi beaucoup de tiges debout et souches ligneuses enracinées que leur structure rattache en majorité à ces plantes.

» Généralement converties en houille, ces tiges et souches sont représentées par une masse importante de charbon affectant la forme de rondins plus ou moins aplatis et déformés. Les petites racines se distinguent facilement de toutes les autres par la nature tubéreuse de leur surface.

» Ces bases de tiges étant très variées, il est difficile, pour ne pas dire impossible, de démêler les types génériques des modifications dues à l'influence du milieu.

» Trois dispositions se font toutefois remarquer : 1° celle où les racines principales sont étalées au même niveau; 2° celle où, très nombreuses, elles sont superposées; 3° celle où elles sont étagées.

» 1° Dans le cas le plus simple, les tiges enracinées de Cordaïtes se partagent ou se résolvent en bas en un nombre très variable de grosses racines principales de 1^m à $2^m,50$ de longueur; ces racines, d'abord étalées, s'enfoncent à l'extrémité; elles se subdivisent en plan, et, en coupe, on les voit se fixer au sol par des racines sensiblement plus petites plongeantes ramifiées.

» Dans les grès où les menus débris de plantes ont été détruits, les racines de dernier ordre de Cordaïtes, tout au moins leurs extrémités et les radicelles, font constamment défaut.

» Mais dans les schistes à pâte fine favorable à leur conservation, les plus petites racines sont intactes. Le système souterrain des Cordaïtes mis entièrement à nu, on voit les extrémités des racines principales et les racines secondaires plongeantes produire des racines de troisième ordre moins inclinées, qui se divisent à leur tour en s'étalant de plus en plus, pour se terminer finalement par des racines très grêles, munies de chaque côté de radicelles latérales horizontales très rapprochées. Les dernières ramifications très nombreuses étant complètes et régulièrement arrangées, repoussent toute idée de charriage. Au surplus, ces racines ligneuses ont, en poussant dans la roche, perforé nettement les feuilles et écorces couchées qu'elles ont rencontrées sur leur passage; les schistes avec empreintes végétales en sont en quelque façon cousus, si bien qu'il ne saurait subsister aucun doute que les arbres auxquels elles appartiennent n'aient vécu à la place où l'on en retrouve aujourd'hui les souches.

» Il est très probable que la base de ces arbres s'est développée dans l'eau au fond de laquelle s'étalait à découvert l'origine des racines principales, car, outre l'absence de racines ascendantes, les tiges penchent souvent du même côté dès la base, quelques-unes sont renversées, les racines arrachées; elles manquent souvent et même de la souche il n'est parfois resté que les extrémités des racines principales et les racines secondaires. Évidemment, dans ces deux derniers cas, la tige seule ou avec elle la partie non enterrée des racines principales ont été arrachées et emportées par les eaux. Le fait est que l'on retrouve échouées dans les grès quelques-unes de ces tiges avec racines ainsi mutilées et incomplètes.

» Sur les argiles, dans lesquelles les racines de Cordaïtes ont, comme celles du Sapin, évité autant que possible de pénétrer, elles sont étalées et ramifiées principalement par côté. Cette disposition particulière de racines ligneuses expalmées est encore plus marquée lorsque la souche repose directement sur la houille; dans ce cas, comme aucune racine ne pénètre dans le charbon, on pourrait être tenté d'admettre que ladite souche n'est pas à l'endroit natal, si l'analogie n'invitait à faire rentrer ce cas dans le précédent.

» 2° Il existe des tiges ligneuses dressées dont, au contraire, les racines sont très inclinées, naissant de l'axe à différentes hauteurs. Mais ce qui distingue surtout les souches ligneuses de la seconde catégorie, c'est le nombre considérable de leurs racines superposées autour de la base de la tige; elles sont étalées, longues, quoique faibles, très ramifiées; les radicelles en sont déliées.

» Dans les schistes argileux, il n'est pas difficile de constater que, seules, les racines inférieures ont poussé dans la roche, les racines supérieures, diversement déplacées les unes par rapport aux autres, paraissent avoir flotté librement au fond de l'eau. Sous ce rapport, les Cordaïtes auraient-elles donc végété dans les marais houillers à la manière des Cyprès chauves de la Louisiane, dont presque toutes les racines poussent hors du sol dans les eaux tranquilles du Dismal-Swamp?

» Dans certains cas analogues de racines superposées, il semble que les supérieures ont poussé après l'envasement des inférieures pour les remplacer; leur développement serait alors inséparable et contemporain du dépôt des schistes.

» Si les Cordaïtes ont réellement vécu sur les aires de dépôt, comme tant d'autres plantes houillères, on en doit trouver parfois les branches, feuilles et graines stratifiées au pied de ces arbres enracinés. Et effectivement cette cohabitation n'est pas rare. Le meilleur exemple que j'en puisse citer est celui d'une forêt fossile de Poacordaïtes représentée par une quantité considérable de ces feuilles rubanées et de branches et rameaux feuillus gisant dans le plus étroit rapport de dépendance avec de nombreuses petites tiges ligneuses debout, enracinées, assez différentes de celles des Cordaïtes.

» Elles s'en distinguent par un grand nombre de petites racines plus courtes, inclinées, superposées, rapprochées, très ramifiées et terminées par des radicelles très diffuses.

» 3° Le troisième groupe de tiges ligneuses enracinées est caractérisé par des racines ligneuses étagées formant de faux verticilles distants de $0^m,30$ à 1^m autour de ces tiges. Les racines sont horizontales, assez longues et peu ramifiées. Le tout paraît avoir poussé dans le sol. Les rayons médullaires du bois sont d'ailleurs moins simples que ceux du Dadoxylon, et les souches dont il s'agit ne sauraient être une modification de celles des Cordaïtes.

» D'autres genres de racines ligneuses se révèlent dans les forêts fossiles : il y en a à tiges pivotantes; de petites tiges sont, au contraire, élevées sur racines très inclinées, etc.; et l'on peut dire que la diversité des arbres ligneux enracinés ne le cède pas à celle des feuilles de Gymnospermes et même des graines fossiles les plus communes et répandues du terrain houiller supérieur de Saint-Étienne. »

M. **Moissan** fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage qu'il vient de publier sous le titre : « Le fluor et ses composés ».

NOMINATIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à la nomination d'un Associé étranger, en remplacement de Sir *Edward Frankland*.

Au premier tour de scrutin, le nombre des votants étant 49,

M. Suess	obtient.	29 suffrages
M. Hooker	»	18 »
M. Agassiz	»	1 »
M. Schiaparelli	»	1 »

M. **Suess**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu. Sa nomination sera soumise à l'approbation du Président de la République.

MÉMOIRES PRÉSENTÉS.

M. **de Camas** soumet au jugement de l'Académie un « Essai de théorie dynamique ondulatoire ».

(Renvoyé à l'examen d'une Commission formée de MM. Boussinesq, Sarrau, Poincaré, de Lapparent.)

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Une Histoire en quatre Volumes de l'Académie royale des Sciences de Berlin, par M. *Adolf Harnack*;

2° Un Ouvrage ayant pour titre : « Cinquantenaire de la Société de Biologie », Volume jubilaire publié par la Société. (Présenté par M. Bouchard.)

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une relation entre la théorie des groupes continus et les équations différentielles à points critiques fixes.* Note de M. **Paul Painlevé**, présentée par M. Appell.

« Je voudrais indiquer dans cette Note un théorème relatif aux *groupes continus finis,* théorème qui établit une relation intéressante entre la théorie de ces groupes et les *équations différentielles à points critiques fixes.*

» Soient $(y_1, y_2, \ldots, y_{n+1})$ les coordonnées d'un point de l'espace à $(n+1)$ dimensions, et soit

$$(S) \qquad S(y_1, \ldots, y_{n+1}, x) = 0$$

une surface algébrique de cet espace, dépendant ou non du paramètre x. Soit, d'autre part,

$$(G) \qquad y_i = R_i(Y_1, \ldots, Y_{n+1}, x, a, b, \ldots, l) \qquad [i = 1, 2, \ldots (n+1)]$$

un groupe continu fini de transformations birationnelles de S, groupe qui dépend analytiquement de x (¹). Le théorème que j'ai en vue s'énonce ainsi :

» *Les coefficients des fractions rationnelles* R_i *en* $Y_1, \ldots, Y_{n+1}$ *sont des fonctions de x dont toutes les singularités (non polaires) sont fixes* (indépendantes des paramètres $a, b, \ldots, l$ du groupe G).

» En particulier, la surface S peut se réduire au plan $y_{n+1} = 0$, et le groupe G est alors un groupe de transformations de Cremona de l'espace à n dimensions.

» Plus généralement, considérons un groupe continu fini de transformations *algébriques* dans l'espace à n dimensions, soit

$$(G') \qquad y_i = \rho_i(Y_1, \ldots, Y_n, x, a, b, \ldots, l), \qquad (i = 1, 2, \ldots, n)$$

groupe qui dépend analytiquement de x. *Les fonctions* ρ_i, *regardées comme fonctions de x, n'ont comme points singuliers non algébriques que des points fixes, et elles n'acquièrent, autour de leurs points critiques mobiles, qu'un nombre fini de valeurs.*

» Considérons maintenant un système quelconque de n équations diffé-

(¹) J'entends par là que, pour chaque valeur de x, les équations G définissent un groupe de paramètres $a, b, \ldots, l$.

rentielles du premier ordre :

$$(1) \qquad \frac{dy_i}{dx} = f_i(y_1, \ldots, y_n, x), \qquad (i = 1, 2, \ldots, n),$$

et supposons que ce système admette le groupe de transformations (G) : *si ce groupe est transitif, le système* (1) *a ses points critiques fixes*.

» Si G est *intransitif* et transforme un point donné en une multiplicité à $(n-q)$ dimensions, le système (1) peut être remplacé par un système différentiel d'ordre $(n-q)$ à points critiques fixes, dont les coefficients dépendent d'une équation différentielle d'ordre q.

» Un théorème analogue s'applique si le système (1) admet le groupe (G'). Lorsque le groupe (G') est *transitif, le système* (1) *se ramène algebriquement à un système de même ordre à points critiques fixes*.

» M. Picard a déjà considéré le cas où le système (1) admet un groupe transitif (G) de transformations de Cremona *indépendantes de x*. Le théorème énoncé sur le système (1) est alors intuitif, mais [si (1) est algébrique] l'intégrale générale de (1) renferme ses constantes *algébriquement*, et se ramène par suite algébriquement aux transcendantes définies par les équations linéaires ou aux fonctions abéliennes dont les arguments sont remplacés par des quadratures en x. En est-il encore ainsi quand les transformations (G) renferment x? On serait tenté de le croire : il n'en est rien.

» La chose est vraie toutefois *pour le premier ordre :* si une équation $F(y', y, x) = 0$, algébrique en y', y, admet un groupe (G) ou (G'), son intégrale $y(x)$ ne prend qu'un nombre fini de valeurs autour des points critiques mobiles et, par suite, dépend algébriquement de la constante. Inversement d'ailleurs, si l'intégrale de l'équation $F = 0$ n'acquiert qu'un nombre fini de branches autour des points critiques mobiles, l'équation ou bien s'intègre algébriquement ou bien admet un groupe (G').

» Ces deux propositions cessent, l'une et l'autre, d'être exactes dès que l'ordre différentiel dépasse l'unité. Il existe, notamment, *des équations différentielles du second ordre, algébriques par rapport à tous leurs éléments, qui admettent un groupe transitif* (G) *et dont l'intégrale est une fonction transcendante des deux constantes* (*de quelque manière qu'on les choisisse*). Considérons, par exemple, l'équation connue du second ordre que vérifie la fonction $y = \operatorname{sn}(C_1\omega_1 + C_2\omega_2)$; $x = k^2$ est le module de la fonction sn, et $\omega_1(x)$, $\omega_2(x)$ sont les demi-périodes de sn; C_1 et C_2 désignent deux constantes arbitraires. La fonction $y(x)$ ainsi définie a ses points critiques fixes, et j'ai montré qu'elle renferme *les deux* constantes sous forme essen-

tiellement transcendante : d'autre part, l'équation différentielle simple que vérifie $y(x)$ admet le groupe transitif

$$y = \frac{\mathrm{Y}\,\mathrm{cn}_x \mathrm{dn}_x(a\omega_1 + b\omega_2) + \sqrt{(1-\mathrm{Y}^2)(1-x\mathrm{Y}^2)}\,\mathrm{sn}_x(a\omega_1+b\omega_2)}{1 - x\,\mathrm{sn}_x^2(a\omega_1 + b\omega_2)\mathrm{Y}^2},$$

groupe de transformations birationnelles de la courbe (du plan des y, z) : $z^2 = (1-y^2)(1-xy^2)$.

» Le théorème énoncé dans cette Note permet donc de *former des systèmes* (1) *à points critiques fixes dont l'intégrale est une fonction essentiellement transcendante de toutes les constantes.* Comme types de tels systèmes (d'ordre quelconque), je citerai *les équations différentielles algébriques* (*faciles à former*) *que vérifient les fonctions abéliennes* (*ou dégénérescences*) *regardées comme fonctions d'un quelconque de leurs modules.*

» Tout système (1) qui admet un groupe transitif (G) ou (G′) peut d'ailleurs s'intégrer à l'aide d'une équation différentielle linéaire : j'entends que *la recherche de ses intégrales premières se ramène* (*d'une façon plus ou moins compliquée*) *à l'intégration d'une équation linéaire ordinaire.* Il en est encore ainsi si, au lieu d'un groupe G′, on considère un groupe

$$(\mathrm{G}'')\quad y_i = \rho_i(\mathrm{Y}_1, \ldots, \mathrm{Y}_n, \mathrm{X}, a, b, \ldots, l), \quad (i = 1, 2, \ldots, n), \quad x = \varphi(\mathrm{X}, a, b, \ldots, l),$$

$\varphi(\mathrm{X})$ étant quelconque : mais (lors même que les ρ_i sont rationnels en $\mathrm{Y}_1, \ldots, \mathrm{Y}_n$) le système (1) n'a plus alors en général ses points critiques fixes. L'exemple des équations dont l'intégrale générale est de la forme $y = \chi\left(\frac{ax+b}{cx+d}\right)$ suffit à le montrer.

» On peut observer toutefois que, si j est le nombre des constantes distinctes qui figure dans la transformation $x = \varphi(\mathrm{X})$, *j est au plus égal à* 3. L'intégration de (1) se ramène algébriquement à l'intégration d'un système d'ordre $(n-j)$ *à points critiques fixes,* dont les coefficients dépendent d'une équation différentielle d'ordre j.

» Je terminerai par une dernière remarque : si les transformations de (G) sont non pas birationnelles, mais *biuniformes, les coefficients de ces transformations sont des fonctions de x à points critiques fixes, mais qui peuvent admettre des singularités essentielles mobiles.* Quand un système (1) admet un groupe transitif (G) de transformations *biuniformes,* c'est donc un système à points critiques fixes. »

MÉCANIQUE. — *Sur la fonction* S *introduite par M. Appell dans les équations de la Dynamique*. Note de M. **A. de Saint-Germain**, présentée par M. Appell.

« On sait que M. Appell a récemment (*Journal de Mathématiques*, 1900) obtenu les équations générales de la Dynamique sous une forme qui convient à plusieurs problèmes auxquels ne s'appliquent pas les équations de Lagrange. Les équations de M. Appell s'établissent par une analyse très directe, sans artifices de calcul. Il sera commode de donner un nom à la fonction S qui y figure : je pense que le nom d'*énergie des accélérations* conviendrait parfaitement, par analogie avec le nom d'*énergie cinétique* ou *énergie de vitesses* donné à la demi-force vive T [1].

» Cette énergie des accélérations possède une propriété analogue à celle de la force vive qu'exprime le théorème de Kœnig. Quand le système considéré est solide, on peut se demander, comme l'a fait Ph. Gilbert pour la force vive, quels sont les points A qui partagent la propriété du centre de gravité, c'est-à-dire tels que l'énergie des accélérations pour le solide soit égale à l'énergie d'accélération d'une masse égale à la masse du solide et concentrée au point A, cette énergie étant augmentée de l'énergie des accélérations qui correspondrait au mouvement relatif par rapport à des axes de directions invariables issus du point A. Par le centre de gravité menons trois axes rectangulaires Gx, Gy, Gz, le dernier parallèle à l'axe de la rotation instantanée ω; soient u, v, w les composantes de l'accélération du point G; p', q', r' celles de l'accélération angulaire : le lieu du point A est défini par l'équation suivante, où n'entrent ni masse, ni moments d'inertie,

$$\left(\omega^2 x + r'y - q'z - \frac{u}{2}\right)^2 + \left(\omega^2 y + p'z - r'x - \frac{v}{2}\right)^2 + \left(q'x - p'y - \frac{w}{2}\right)^2 = \frac{u^2 + v^2 + w^2}{4};$$

c'est un ellipsoïde homothétique aux ellipsoïdes sur lesquels l'accélération a une grandeur donnée; le centre de gravité et celui des accélérations sont aux extrémités d'un de ses diamètres. Quand p' et q' sont nuls, le lieu devient un cylindre de révolution. »

---

(1) Comparez avec Hertz, *Œuvres complètes*, t. III, p. 84-85.

OPTIQUE. — *Microscope solaire simplifié et perfectionné*. Note de M. **A. Deschamps**, présentée par M. Marey.

« La simplification, dans ce nouveau microscope solaire, porte, tout d'abord, sur la manœuvre du miroir tournant. Le miroir est mû, sans pignons ni engrenages, à l'aide d'une manette et d'un fil métallique. La manette produit le mouvement de gauche à droite ou réciproquement; le fil métallique, attaché au sommet du miroir, le relève ou l'abaisse, et, traversant un disque de caoutchouc enfermé dans un petit cylindre de cuivre, est mis en mouvement ou arrêté avec une extrême précision. A l'aide de ce système l'opérateur le plus novice est, après quelques minutes d'exercice, absolument maître de la direction du rayon solaire, qu'il maintient aisément et porte instantanément à volonté sur un point quelconque de l'écran.

» L'objectif est, d'autre part, mis au point avec précision sans le secours de vis micrométrique, le diaphragme est fixé à l'objectif et ne forme pas une pièce séparée. Enfin toutes les pièces mobiles sont supportées sur une seule règle où elles glissent, ou sont immobilisées à l'aide de vis de pression. Toutes conditions qui rendent éminemment simple et facile la manœuvre de l'appareil.

» Le perfectionnement a surtout pour effet l'élimination de la chaleur nuisible. Cette élimination s'effectue sans cuve à eau ou à solution d'alun, par une simple disposition de lentilles.

» Tout d'abord le condensateur est choisi de diamètre suffisant pour qu'il donne suffisamment de lumière, tout en n'emmagasinant pas un excès nuisible de calorique.

» Le focus est remplacé par un système de deux lentilles non achromatiques de distance focale égale et séparées l'une de l'autre par cette même distance. Ce système est placé par rapport au condensateur en un point tel que, premièrement, il se forme, non un foyer précis où se concentrent les rayons, mais un long foyer sur le trajet duquel ne se trouve aucun point où converge dans sa totalité le rayon lumineux.

Il se produit, en second lieu (et c'est là la cause principale d'élimination), un effet de dispersion et de recomposition partielle; l'ensemble des lentilles faisant office de prisme, et comme les rayons de l'infra-rouge, rayons chauds, sont les moins réfrangibles, ils se maintiennent à la périphérie et

sont rejetés en dehors de la ligne où se trouve l'objet. On place celui-ci au delà du cône violet, en un espace où se recomposent des lumières blanches légèrement teintées de bleu, de vert, de couleur dorée, teintes qui n'en diminuent ni l'intensité ni l'éclat.

» Un animalcule vivant peut être examiné, étudié à loisir sans perdre la vie ni même souffrir sensiblement. Le grossissement dépasse qninze cents diamètres sans que la netteté soit diminuée, tant sont parfaitement achromatiques les lentilles des objectifs. Les résultats obtenus à l'aide de cet instrument ne sont inférieurs en rien, au point de vue de la perfection des images, à ce que donnent les meilleurs appareils employés jusqu'à ce jour. »

OPTIQUE. — *Télémicroscope*. Note de M. **A. Deschamps**, présentée par M. Marey.

« Le télémicroscope (microscope à longue portée) est ainsi dénommé parce que, tandis que les loupes grossissent à peine trois ou quatre fois à 1^{cm} de distance, que pour obtenir un grossissement supérieur il faut diminuer encore cette distance déjà bien peu considérable, il donne, à 25^{cm}, une amplification supérieure à douze diamètres. D'où la facilité d'observer les insectes sans les effrayer, les violenter, les forcer à sortir de leurs habitudes, de saisir en un mot leur vie, leurs mœurs sur le fait. Précieux avantage pour les études entomologiques. Le même instrument permettant, grâce à son large champ et à la propriété que lui donne son objectif de voir avec clarté plusieurs plans à la fois, d'embrasser d'un regard une plante entière sans qu'aucun détail échappe à l'observateur, sera non moins utile au botaniste. La variété, la magnificence ou la grâce des spectacles qu'il permet de contempler en font, de plus, une source de jouissances aussi délicieuses qu'élevées.

» Outre son pouvoir amplifiant à distance et la faculté d'embrasser d'un même regard plusieurs plans, cet instrument produit encore un effet extraordinaire de relief. Cet effet est comparable à celui du stéréoscope. Enfin il est, comme longue-vue, supérieur aux meilleures jumelles. D'une part, en effet, son pouvoir amplifiant est plus grand; la longueur des tirages, lorsqu'on regarde au loin, est peu considérable, mais ce qui le met hors de pair, c'est l'admirable netteté des images dans leurs plus minimes détails.

» Le télémicroscope n'est, au fond, qu'une longue-vue d'un genre spécial. Son objectif est composé de deux lentilles achromatiques séparées

par une distance moindre que la distance focale principale de la plus convergente, et qui, dès lors, agissent comme une seule. L'achromatisme est augmenté par cette disposition; de là vient la pureté des images. L'objectif est celui de Dollond, à quatre verres plans convexes. Le verre d'œil a été choisi aussi convergent que possible afin d'augmenter le grossissement et l'étendue du champ sans nuire à la netteté. »

PHYSIQUE. — *Sur une expérience de M. Jaumann.* Note de M. **P. Villard** (¹), présentée par M. J. Violle.

« Dans une Note parue en 1896 (²), M. Jaumann fait connaître des phénomènes assez surprenants qu'il a observés dans un tube à rayons cathodiques plongé dans l'huile; ce tube était muni d'une cathode intérieure et d'une anode extérieure; le vide était tel qu'une différence de potentiel de 9000 volts seulement, fournie par une machine statique, suffisait à le faire fonctionner. Dans ces conditions l'approche rapide d'un bâton de verre électrisé *repoussait* le faisceau et la plage fluorescente correspondante, puis au bout d'un temps variant de $0^s,2$ à une seconde, le faisceau reprenait sa position initiale. Ce retour à la direction primitive a été attribué par l'auteur à une propriété particulière suivant laquelle les rayons, qui d'après lui, suivent les lignes de force, chargeraient le tube de telle sorte que celles-ci tendent à rester rectilignes (Selbstreckung).

» Ces résultats étant en désaccord avec l'hypothèse aujourd'hui admise, j'ai cru devoir répéter ces expériences. Il m'a été impossible d'obtenir la déviation des rayons dans le sens opposé à celui que prévoit la théorie. Le corps électrisé approché rapidement de l'ampoule était soit l'une des deux pièces d'un électrophore, soit, pour plus de certitude, un plateau métallique relié à l'un des pôles de la machine. Dans ces conditions j'ai toujours observé la répulsion par une charge négative, l'attraction par une charge positive.

» Je suis, toutefois, d'accord avec M. Jaumann sur le fait que la déviation est passagère; mais la cause du phénomène me paraît devoir être cherchée ailleurs que dans l'intérieur de l'ampoule; comme le fait remarquer l'auteur lui-même, cette ampoule était entourée d'huile ordinaire, *bien*

(¹) Travail fait au laboratoire de Chimie de l'École Normale supérieure.

(²) *Comptes rendus*, t. CXXII, p. 988; 1896.

peu isolante. Si l'on se reporte au travail de M. Bouty [1] sur la conductivité des gaz raréfiés, on voit que les diélectriques, tels que l'huile, constituent, pour des charges statiques, des écrans aussi parfaits que le mercure. L'expérience de M. Jaumann s'interprète dès lors d'une manière très simple : si l'on approche rapidement un corps électrisé, l'huile qui entoure l'ampoule étant un très mauvais conducteur, la distribution électrique ne s'y fait pas assez vite pour annuler le champ variable produit, et le faisceau cathodique est dévié. Mais aussitôt que le corps agissant est en repos, l'équilibre s'établit et, l'huile faisant écran, le faisceau revient à sa direction primitive.

» A titre de vérification, j'ai remplacé l'ampoule par un vase de verre paraffiné intérieurement et renfermant un conducteur relié à un électroscope par un fil protégé. Si l'on approche rapidement un corps électrisé, le conducteur est influencé au travers de l'huile et les feuilles d'or divergent. Dès que le corps influençant est immobile, les feuilles se rapprochent, et reviennent au zéro précisément dans le temps indiqué par M. Jaumann pour la manifestation de la Selbstreckung; de nouveau, elles divergent passagèrement quand on éloigne le corps électrisé. Le phénomène en question est donc bien dû à la présence de l'huile et non à une propriété particulière des rayons cathodiques. »

PHYSIQUE. — *Sur le rayonnement du radium*. Note de M. **P. Villard** [2], présentée par M. J. Violle.

« M. et Mme Curie ayant eu l'obligeance de mettre à ma disposition un échantillon de radium beaucoup plus actif que celui dont je disposais, j'ai entrepris avec cette matière une série d'expériences relatives au passage des rayons déviables au travers des obstacles. Ainsi que je l'ai indiqué précédemment, la principale difficulté de cette étude résulte de ce que des rayons non déviables à l'aimant sont transmis en même temps que les autres; j'ai donc étudié, en premier lieu, la puissance de pénétration des deux rayonnements.

» Les rayons émanés de la source traversent une fente large pratiquée

---

(1) *Comptes rendus*, t. CXXIX, p. 153; 1899. — *Journal de Physique*, 3e série, p. 13; 1900.

(2) Travail fait au Laboratoire de Chimie de l'École Normale supérieure.

dans une barre de plomb et arrivent suivant une incidence presque rasante sur deux plaques photographiques superposées, enveloppées d'un double papier noir épais, et placées dans un champ magnétique. La première plaque enregistre ainsi les trajectoires des rayons qui ont traversé le tube de verre contenant le radium, et le papier noir : la plaque sous-jacente ne reçoit que les rayons qui ont traversé la première, sous une obliquité qui va en croissant d'un bout à l'autre de la plaque.

» Dans ces conditions, le cliché supérieur donne la trace de deux faisceaux distincts : l'un dévié et étalé ; l'autre, plus faible, absolument rectiligne et net sur ses deux bords.

» Sur le cliché inférieur, un seul des faisceaux est visible : c'est le faisceau non déviable. L'impression produite par lui est aussi intense que sur la première plaque et aussi nette : elle est même plus visible parce que l'épreuve est moins voilée. Or, l'épaisseur de verre traversée à l'extrémité la plus éloignée de la source est supérieure à 1^{cm}.

» En exagérant la durée de pose, on arrive à obtenir une très faible trace du faisceau déviable.

» Si l'on pose une bande de plomb, de $0^{mm},3$, à plat sur la plaque supérieure, la trajectoire du faisceau déviable est supprimée dans toute la largeur de la bande, les rayons non déviables étant seulement affaiblis. On distingue ainsi les deux trajectoires dans la région où elles se superposent en partie.

» Ainsi les rayons X émis par le radium ont une puissance de pénétration beaucoup plus considérable que les rayons déviables : c'est l'analogue de ce qui a lieu avec les tubes de Crookes. Une épaisseur de verre de 1^{cm}, ou même un peu inférieure, arrête pratiquement les rayons déviables et affaiblit fort peu les autres. On comprend dès lors que, si le rayonnement total traverse des écrans successifs, les premiers produiront une absorption d'autant plus apparente qu'au point de vue photographique les rayons cathodiques paraissent être les plus actifs ; mais à partir du moment où ceux-ci auront disparu, l'absorption par les écrans suivants affaiblira fort peu le reste du rayonnement. »

ÉLECTRICITÉ. — *Luminescence des gaz raréfiés autour d'un fil métallique communiquant à l'un des pôles d'une bobine de Ruhmkorff.* Note de M. J. **Borgman**, présentée par M. Lippmann.

« Un fil métallique non couvert d'une couche isolante s'entoure, comme on le sait, d'une auréole lumineuse, quand il fait partie du circuit d'un

Ruhmkorff et que ce circuit contient un excitateur à étincelle ou un tube de Crookes. Outre cette auréole on remarque encore de petites étoiles lumineuses, assez vives, placées à des distances presque égales tout le long du fil. Pour étudier de plus près ces phénomènes lumineux j'ai entrepris, avec l'assistance de M. Petrowsky, quelques expériences sur des fils métalliques tendus suivant l'axe de longs tubes en verre, à différents degrés de raréfaction des gaz contenus dans ces tubes.

» Je me suis servi d'un certain nombre de tubes, longs de 50^{cm} à 120^{cm}, ayant un diamètre de 3^{cm} à 6^{cm}. Suivant l'axe de chaque tube était soudé un fil en platine, d'un diamètre de $0^{mm},1$. Les bouts du fil traversaient le verre et étaient entourés de petits tubes, contenant du mercure. J'employais encore un tube long de 100^{cm} d'un diamètre de 4^{cm}, suivant l'axe duquel était soudé un tube en verre de petit diamètre à parois minces; ce tube pouvait être rempli de mercure ou d'eau acidulée. L'un des deux bouts du fil ou de la colonne liquide restait isolé, l'autre communiquait à l'aide d'un fil métallique très fin à un pôle d'un Ruhmkorff, dont l'autre pôle était mis à la terre. Le caractère des phénomènes restait le même dans tous les tubes. Ces phénomènes étaient les suivants :

» 1° Quand on actionnait le Ruhmkorff on voyait immédiatement se former une auréole lumineuse tout le long du fil. A mesure qu'on raréfiait l'air dans le tube la lueur de l'auréole devenait moins vive, mais les points lumineux devenaient de plus en plus nets. A une certaine raréfaction, on voyait se former autour de chaque point une assez mince couche de gaz faiblement lumineuse, normale au fil et occupant une partie de la section du tube. Quand on diminue encore la pression du gaz ces couches transversales de gaz lumineux croissent en dimensions; leur nombre, ainsi que le nombre des étoiles posées dans leurs centres, augmente. Enfin ils se confondent dans une masse lumineuse qui occupe tout l'intérieur du tube, mais qui présente encore une structure stratifiée. Les points lumineux, ainsi que les couches transversales de gaz lumineux, paraissent également dans les deux cas quand le fil communique au pôle positif ou quand il communique au pôle négatif.

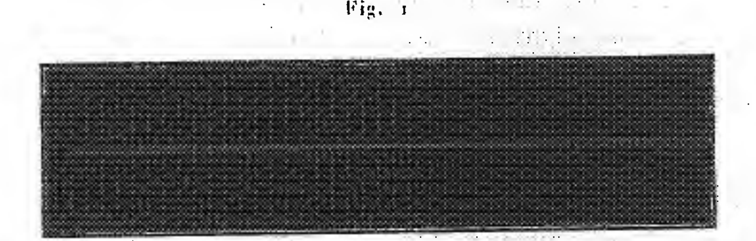
» Les phénomènes deviennent beaucoup plus intéressants quand aux pôles du Ruhmkorff est branché un circuit parallèle contenant un excitateur à étincelle dont les boules sont à une petite distance l'une de l'autre. En changeant la longueur des étincelles, je pouvais modifier à volonté le maximum du potentiel au pôle. De plus pour pouvoir changer le potentiel au bout du fil j'intercalais entre ce fil et le pôle un condensateur à plateaux parallèles et à distance variable.

» 2° Quand la longueur des étincelles ne dépasse pas 3^{mm}, et quand le bout du fil communique au pôle *négatif* du Ruhmkorff, le fil est entouré d'une auréole lumineuse continue, qui à mesure que la raréfaction devient plus grande croît en largeur, prend une teinte pourprée et se détache du fil. A des raréfactions modérées le fil a l'air d'un gros fil lumineux, entouré d'une faible lueur nébuleuse (*fig.* 1).

» 3° En maintenant la même longueur des étincelles, mais en communiquant le bout du fil au pôle *positif*, on remarque, même aux plus faibles raréfactions, outre les points lumineux encore une lueur violette du gaz, entourant le fil. Cette lueur prend la forme de secteurs étroits et minces normaux au fil et posés tout le long du fil à des

distances presque égales. A mesure que la raréfaction devient plus grande les secteurs croissent en dimensions et se transforment enfin en disques parfaitement réguliers. Le diamètre de ces disques croît avec la longueur des étincelles dans l'excitateur et avec la diminution de la distance entre les plateaux du condensateur. On peut aisément faire occuper par ces disques toute la largeur du tube. Quand le travail de l'interrupteur du Ruhmkorff est bien régulier ces disques sont absolument immobiles.

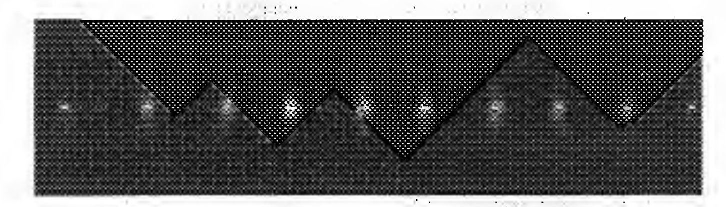
Fig. 1



» 4° Le nombre de secteurs lumineux et puis de disques, contenus sur un décimètre du fil, diminue avec la pression, avec le potentiel au bout du fil et avec l'accroissement du diamètre du tube.

» 5° A mesure que la pression du gaz dans le tube atteint 4^{mm} à 5^{mm}, le nombre de disques diminue notablement. On observe alors comme une lutte pour l'existence entre ces disques : les uns entre eux se développent vivement, les autres commencent à s'agiter, leur éclat tantôt diminue, tantôt croît et enfin ils disparaissent. A la place de chaque disque disparu paraît entre les deux disques voisins une lueur nébuleuse ayant la forme d'un ellipsoïde de révolution dont l'axe coïncide avec le fil. (La *fig.* 2 présente la reproduction d'une photographie, exposition de 3 minutes.)

Fig. 2.



» 6° A de petites pressions les disques changent d'aspect et prennent la forme de lentilles biconcaves, violettes, régulièrement disposées et munies de moyeux d'une lueur assez vive. A mesure qu'on augmente la raréfaction l'épaisseur des lentilles, ainsi que la longueur de leurs moyeux, croît et enfin toutes les lentilles s'unissent par leurs bords et forment un brouillard lumineux, au sein duquel on remarque des espaces plus sombres d'une forme ellipsoïdale. Ces espaces disparaissent à des raréfactions très avancées.

» 7° Quand on a atteint le degré de raréfaction correspondant à l'union des bords des lentilles, l'adjonction du pôle *négatif* au fil donne naissance à un phénomène

nouveau. Dans ce cas, on remarque sur la surface intérieure du tube des anneaux phosphorescents d'une couleur vert jaunâtre. Ces anneaux sont d'abord assez minces. Ils sont disposés d'une manière régulière le long du tube et semblent se déplacer le long du tube et tourner autour de l'axe. Au centre de chaque anneau paraît un point lumineux posé sur le fil. La distance entre deux anneaux voisins reste presque constante tout le long du tube. A mesure que la raréfaction augmente l'épaisseur des anneaux phosphorescents croît et leur nombre diminue.

» 8° Si l'on approche du tube un aimant en fer à cheval de manière que son champ magnétique soit normal à l'axe du tube, on voit se former un anneau phosphorescent incliné sur l'axe du tube. Cet effet de l'aimant correspond à son influence sur la direction des rayons cathodiques, émanés radialement du fil.

» 9° A la même pression du gaz, mais quand le fil communique au pôle *positif*, l'aimant, approché du tube de manière que son axe soit parallèle à l'axe du tube, provoque l'apparition sur le côté opposé de la surface intérieure du tube de deux minces bandes d'une couleur vert jaunâtre, ayant la forme d'ailes déployées d'un oiseau.

» 10° A de moindres raréfactions l'aimant ne donne aucun effet.

» 11° A des étincelles plus grandes que 3mm tous les phénomènes ont le même caractère que sans micromètre à étincelle.

» 12° A des raréfactions très avancées et à de très petites longueurs des étincelles tout l'intérieur du tube reste sombre, mais on remarque sur le fil comme des perles faiblement lumineuses, régulièrement disposées le long du tube. Le phénomène rappelle les nœuds et ventres qui se forment sur un fil vibrant.

» Je procède maintenant à l'examen de l'influence qu'ont sur ces phénomènes le nombre des interruptions du Ruhmkorff et les dimensions des tubes. »

ÉLECTRICITÉ. — *Sur l'hystérésis et la viscosité des diélectriques.* Note de M. F. Beaulard, présentée par M. Lippmann.

« I. Un certain nombre de physiciens ont observé, dans ces dernières années, qu'un diélectrique placé dans un champ électrostatique alternatif s'échauffe et que la dissipation d'énergie ainsi produite est proportionnelle à une certaine puissance ε de la force électromotrice (efficace ou maximum); mais, tandis que pour M. Steinmetz [1], ε est constant et égal à 2, il semble résulter au contraire des recherches de M. Arno [2] que ε, égal à 1,65 (pour un champ de 1,75 unité électrostatique), est variable avec

(1) *Electroteknische Zeitschrift*, avril 1892 (*El. Engineer* New York, mars 1892.)
(2) *Rendic. R. Acc. dei Lincei*, 16 octobre 1892, 30 avril 1893, 26 janvier 1895.

la grandeur du champ et augmente avec lui, et que, dans tous les cas, il y a lieu d'admettre l'existence d'une hystérésis diélectrique.

» En soumettant un condensateur aux variations cycliques de décharges oscillantes, M. Janet (¹) a également constaté qu'à potentiel croissant les charges sont plus faibles qu'à potentiel décroissant; le retard des charges sur les différences de potentiel pouvant provenir, soit de l'*hystérésis*, soit de la *viscosité*. On sait, du reste que l'hystérésis est indépendante de la vitesse de variation du cycle et que la viscosité en dépend, au contraire, essentiellement, car elle s'oppose d'autant moins à l'établissement de la valeur définitive correspondante à la grandeur et au sens de l'action exercée que les variations de celle-ci sont plus lentes. On peut aussi invoquer la théorie des *conductions intérieures* de Hess (²); dans cet ordre d'idées, comme dans le cas de la viscosité, l'énergie dégradée augmente avec la fréquence du courant alternatif et devient nulle pour des variations cycliques lentes; cela résulte des recherches d'Eister (³) qui a constaté, en outre, que l'énergie est proportionnelle au carré de la force électromotrice. MM. A. Porter et Morris (⁴) ont également conclu à l'absence d'hystérésis (pour la paraffine) en opérant avec un cycle lentement parcouru (cinq minutes).

» Je suis arrivé à la même conclusion dans les recherches dont j'expose à l'Académie les principaux résultats.

» II. Un condensateur à diélectrine a une armature maintenue constamment au potentiel zéro, tandis que l'autre est en relation avec un contact mobile, susceptible de glisser *d'une façon continue* le long d'une colonne liquide (solution de SO^4Cu) contenue dans une gouttière creusée dans un bloc d'ébonite; le milieu de la colonne est au sol et les extrémités A et B sont portées à des potentiels égaux et de signes contraires $+V$ et $-V$; soit a la position du contact mobile qui correspond à un potentiel $+v$ peu différent de $\frac{1}{2}V$; on peut charger le condensateur sous une différence de potentiel $+v$ par un déplacement uniforme : 1° de durée t du contact mobile le long du trajet Oa; 2° ou de durée $3t$ le long du trajet OaAa; 3° ou de durée $9t$, le long du trajet OaAaOBOa.

» On décharge chaque fois le condensateur dans un balistique et l'on

---

(¹) *Comptes rendus*, 26 décembre 1892, t. CXVI, p. 373.
(²) *Lumière électrique*, 26 novembre et 10 décembre 1892, t. XLVI.
(³) *Electroteclnische Zeitschrift*, 15 juin 1895.
(⁴) *Proc. Roy. Soc.*, t. LVII, p. 469, 1895; *The Electrician*, 12 avril 1895.

note les déviations différentes δ, δ′, δ″; entre chaque opération on met le condensateur en court circuit, pendant un temps suffisamment prolongé.

» Le Tableau suivant est relatif aux voltages successifs : (+4, +8, +4, 0; −4, −8, −4, 0; +4, +8) volts.

	T = 4ˢ δ.	T = 10ˢ δ.	T = 50ˢ δ.	T = 100ˢ δ.	T = 600ˢ δ.
+4ᵛ...........	+5	+ 5	+ 6	+ 6	+ 6
+8ᵛ...........	+8	+10,5	+11,5	+12	+12
+4ᵛ...........	+6	+ 7	+ 7	+ 7	+ 7
0	+2	+ 2	+ 1	+ 1	+ 1
−4ᵛ...........	−3	− 5	− 5,5	− 5	− 8
−8ᵛ...........	−8	−10	−10	−11	−12
−4ᵛ...........	−6	− 6	− 7	− 6	− 8
0	−1	− 1	− 1	− 1	− 0,5
+4ᵛ...........	+4	+ 5	+ 5	+ 5	+ 6
+8ᵛ...........	+8	+10,5	+11,5	+11,5	+12

T = 10*t* représente la durée du cycle; les déviations du galvanomètre sont indiquées verticalement; la mesure des aires des cycles (δ en ordonnées, *v* en abscisses) permet, après un tarage du galvanomètre, de calculer l'énergie W absorbée par cycle. On a opéré avec les trois cycles de voltage suivants :

I. (− 8, − 4, 0, + 4, + 8) volts

II. (− 18, − 10, 0, + 10, + 18) volts

III. (− 27, − 15, 0, + 15, + 27) volts

et obtenu les valeurs ci-dessous pour W :

	I. $V_{max} = +8$.		II. $V_{max} = +18$.		III. $V_{max} = +27$.	
T = 4ˢ.........	1,408.10⁻⁸	joules	7,04.10⁻⁸	joules	»	
T = 10ˢ.........	1,506	»	5,33	»	10,69.10⁻⁸	joules
T = 50ˢ.........	0,968	»	4,78	»	9,306	»
T = 100ˢ.........	0,880	»	4,09	»	7,37	»
T = 150ˢ.........	0,875	»	3,45	»	5,61	»
T = 300ˢ.........	»	»	»	»	4,95	»
T = 600ˢ.........	0,440	»	»	»	»	»

» On constate que, pour des durées de plus en plus grandes, W tend vers 0 ; pour T = 15 minutes, l'aire du cycle est nulle.

» On peut essayer, pour représenter les résultats, une formule de la

forme

(1) $$W = aV^{\varepsilon}.$$

» On calcule a et ε pour deux valeurs W_I et W_{III} relatives à une vitesse de variation du cycle, et l'on calcule ensuite W_{II} que l'on compare avec W_{II} observé. Voici les résultats de cette comparaison ;

$T = 150^s$	$\varepsilon = 1,52$	$a = 0,0372$	$W_{II}^{calc.} = 3,015$	$W_{ob.}^{II} - W_{calc.}^{II} = +0,43$
$T = 100^s$	$\varepsilon = 1,74$	$a = 0,0237$	$W_{calc.}^{II} = 3,62$	$W_{ob.}^{II} - W_{calc.}^{II} = +0,47$
$T = 50^s$	$\varepsilon = 1,86$	$a = 0,0197$	$W_{calc}^{II} = 4,27$	$W_{obs.}^{II} - W_{calc.}^{II} = +0,51$

» Il est visible que la relation (1) ne s'applique pas, l'écart pouvant atteindre 12 pour 100 environ. Il faut donc conclure que les diélectriques ne présentent pas le phénomène de l'hystérésis, mais sont seulement doués de viscosité. »

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur le samarium*. Note de M. **Eug. Demarçay**, présentée par M. Henri Moissan.

« Le samarium, préparé par la méthode des nitrates doubles magnésiens que j'ai antérieurement décrite (*Comptes rendus,* t. CXXX, p. 1019; 1900), peut s'obtenir dans un état de pureté comparable à celui des corps usuels les mieux définis. Les propriétés de ses composés, qu'ils proviennent des premières ou des dernières portions du fractionnement, sont absolument identiques, tant sous le rapport des spectres d'absorption que des spectres de lignes qui, comparés raie à raie par leurs photographies, n'ont présenté absolument aucune variation.

» Dans cette séparation les portions intermédiaires entre le néodyme et le samarium ont été réduites à moins d'une vingtaine de grammes du sel double, alors que les parties séparées pesaient plusieurs kilogrammes. Les oxydes contenus dans ces parties intermédiaires ne donnaient que les spectres superposés du samarium et du néodyme. Il ne paraît donc pas exister, en quantité bien sensible du moins, d'élément intermédiaire entre les deux précédents. D'autre part, les propriétés très constantes du samarium me paraissent établir (vu les très nombreux fractionnements auxquels il a été soumis) que c'est bien un corps simple comparable aux autres éléments les mieux définis et non un mélange.

» L'oxyde de samarium se présente sous l'aspect d'une poudre presque

blanche à reflets un peu jaunes surtout dans la masse, et montre au spectroscope, dans le spectre de la lumière réfléchie, les bandes principales du bleu des sels de samarium. Cette couleur jaunâtre ne change pas par réduction dans un courant de gaz. Elle n'est pas due à des traces de terbine, qui est tout à fait absente. Les sels de samarium, d'un jaune orangé en solution un peu concentrée, m'ont donné, sous l'épaisseur de 13^{mm} environ en solution azotique très acide à 20 pour 100 d'oxyde, les bandes suivantes, qui coïncident d'ailleurs sensiblement avec celles qu'a déjà données M. Lecoq de Boisbaudran :

λ du milieu.	Observations.
559..........	Faible, étroite.
529..........	Très faible, étroite.
498..........	Assez faible, presque étroite.
476..........	Forte, large, diffuse.
463..........	Très forte, assez large.
453..........	Très faible, étroite.
443..........	Assez notable, très large et diffuse.
417..........	Très forte, assez large.
407..........	Faible, assez étroite, rejoignant la suivante.
402..........	Très forte, assez large.
390..........	Faible, très large et diffuse.
375..........	Forte, assez large.
362..........	Forte, large.

» Je n'ai vu aucune autre bande même sous une épaisseur presque décuple.

» Le spectre de lignes présente un très grand nombre de raies dont très peu sont bien caractéristiques. Je n'ai pas encore terminé le calcul de ce spectre.

» Le spectre de renversement du samarium présente un assez grand intérêt. On sait que les spectres de renversement découverts par M. Lecoq de Boisbaudran ne sont, en somme, que des spectres de fluorescence des solutions sous l'influence de l'étincelle négative, et qu'à ce titre ils offrent une très grande analogie avec les spectres de fluorescence dans le vide découverts par M. Crookes. Cet illustre savant a établi que, pour les mélanges contenant de la samarine, le spectre de la fluorescence électrique était composé de trois bandes principales, plus une quatrième, dite *raie anomale,* dont les variations inexpliquées lui ont fait soupçonner, à un moment, un nouvel élément, sans qu'il ait jamais, que je sache, conclu bien positivement en aucun sens,

» De même le spectre de renversement du samarium a donné à M. de Boisbaudran trois bandes principales, plus une quatrième variable suivant diverses circonstances et qui lui a inspiré les mêmes réflexions que la raie anomale à M. Crookes. Une cinquième plus faible, assez variable, se voit encore. Ces bandes ont pour λ approximatif de leur milieu : 643,5, 614,4 (variable étendue jusque vers 623,3), 602,8 et 595,7 (deux maxima), 560,6, 535,4 plus faible que les précédentes et variable aussi.

» Mon samarium ne m'a donné au renversement, tant en solution chlorhydrique qu'azotique, que les trois bandes suivantes, plus intenses dans la solution chlorhydrique : 644, large; 600, milieu de la principale bande qui s'étend en se dégradant de 610 environ à 593 à peu près, où elle se termine plus vite et qui présente deux maxima lumineux vers 604 et 595, ce dernier plus fort, et enfin 564 environ, milieu de la troisième bande qui, comme la première, est large et mal définie dans les conditions au moins où j'étais placé.

» La raie correspondant à 614,4 (Lecoq) est absolument absente avec les sels de samarium pur. On la voit dans d'autres produits sur lesquels j'aurai l'occasion de revenir.

» Je n'ai pu encore m'occuper d'examiner les spectres de fluorescence dans le vide, mais leur analogie avec les précédents permet de supposer que la raie anomale aura de même disparu du spectre des combinaisons pures du samarium.

» J'ai fait quelques essais sur le poids atomique du samarium : par la synthèse du sulfate au moyen de la samarine et de l'acide sulfurique, j'ai obtenu des nombres compris entre 148 et 147,2 (O = 16). Mais je suis peu satisfait de cette méthode, qui me paraît présenter de graves inconvénients. J'ai fait quelques essais qui me semblent encourageants dans une autre voie. Toutefois je pense que ce poids atomique doit être plus voisin de 148 que de 150, poids donné par M. Clève, car le samarium de ce savant contenait des quantités très notables de Σ et même de gadolinium qui, abstraction faite des causes d'erreur dues à la méthode (réduites sans doute au minimum entre les mains d'un aussi habile expérimentateur) devaient hausser le poids atomique du samarium.

» L'azotate de samarium et de magnésium

$$Sm(AzO^3)^3 3Mg(AzO^3)^2, 24H^2O,$$

sel jaune pâle, cristallisant en gros rhomboèdres, fond entre 94°,5 et 93°,5. L'azotate simple, $Sm(AzO^3)^3 6H^2O$, sel en gros cristaux jaune orangé, fond

à 78°-79°. Ce point de fusion est difficile à déterminer. Le sel est très hygroscopique. La température indiquée ici est celle de la disparition des dernières particules cristallines dans une masse fondue de quelques grammes. »

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur les combinaisons des iodures métalliques avec l'anhydride sulfureux.* Note de M. E. **Péchard** (¹), présentée par M. Troost.

« Si l'on fait arriver du gaz sulfureux dans une dissolution d'iodure de potassium, la liqueur prend une teinte jaune pouvant aller jusqu'à l'orangé si la dissolution est concentrée. Cette coloration n'est pas due, comme on pourrait le croire tout d'abord, à la présence de l'iode dissous dans l'iodure de potassium. L'empois d'amidon, la benzine, l'éther ne décèlent pas en effet la moindre trace d'iode libre dans la dissolution.

» L'iodure de potassium solide et soigneusement desséché absorbe également de grandes quantités de gaz sulfureux sec et prend une teinte orangée sans mise en liberté d'iode.

» Le sel solide et la dissolution qui ont ainsi absorbé du gaz sulfureux perdent ce dernier sous l'action de la chaleur.

» On se trouve donc en présence d'une combinaison dissociable de l'iodure de potassium et du gaz sulfureux, combinaison pouvant s'effectuer avec les corps secs ou en présence de l'eau.

» J'ai commencé l'étude de ce composé en déterminant ses tensions de dissociation à différentes températures. Pour cela, j'ai fait absorber du gaz sulfureux sec par de l'iodure de potassium bien desséché et placé dans un tube de verre horizontal refroidi à 0°. Ce tube communiquait au moyen d'un robinet à trois voies avec un manomètre à mercure et une trompe à mercure.

» A 0°, l'absorption du gaz se fait très rapidement et l'on voit l'iodure de potassium jaunir par tranches successives dans le tube de verre. L'absorption terminée, le tube est séparé à la lampe de l'appareil producteur du gaz.

» On observe immédiatement qu'à 0° il s'établit une tension de dissociation qui se reproduit rapidement quand on enlève du gaz à l'aide de la

---

(¹) Travail fait au laboratoire de Chimie de l'École Normale supérieure.

trompe; une demi-heure suffit pour que l'équilibre s'établisse. Les nombres suivants représentent les tensions évaluées en centimètres de mercure :

0°	60
10	93
20	146
30	238

» Si l'on passe de 30° à 0°, la tension décroît rapidement pour se fixer à 60^{cm}. Cette étude des tensions de dissociation montre nettement que le gaz sulfureux se combine à l'iodure de potassium et permet de faire l'analyse de cette combinaison en opérant de la façon suivante :

» De l'iodure de potassium bien sec et pulvérisé est placé dans un tube de verre portant sur le côté un tube abducteur et maintenu à −20°. Par l'orifice du tube on fait arriver un courant de gaz sulfureux sec qui se liquéfie rapidement à cette température. En ayant soin d'agiter de temps en temps le tube, le sel se dissout bientôt dans le gaz liquéfié qui prend une couleur rouge foncé. Le tube est alors fermé à la lampe et maintenu à 0° et le tube abducteur plongé dans une cuve à mercure. La tension de vapeur de l'anhydride sulfureux étant à 0° de $116^{cm},5$, le gaz en excès s'échappe sans que la combinaison, qui à cette température a une tension de 60^{cm}, puisse se détruire. Quand le gaz a cessé de se dégager, on ferme à la lampe le tube abducteur, et l'on a un espace clos renfermant la combinaison dont on veut faire l'analyse.

» Il suffit alors de peser ce tube plein, puis ouvert et porté à 100° pour avoir le poids du gaz sulfureux. Une dernière pesée du tube vide donne le poids de l'iodure de potassium.

» Dans deux expériences, on a trouvé les nombres suivants :

	I.	II.	Calculé pour 100.	Trouvé. I.	Trouvé. II.
SO^2......	0,6328	0,5423	27,8	28	28,2
KI.......	1,627	1,38	72,2	72	71,8
			100,0	100	100,0

» Ces nombres conduisent à la formule SO^2KI.

» D'autres iodures solubles donnent naissance à des combinaisons analogues ainsi que je l'ai constaté pour les sels de sodium, d'ammonium, de baryum et de calcium.

» L'iodure d'argent absorbe également le gaz sulfureux et prend une teinte brique; dans ce cas, les tensions s'établissent avec une grande lenteur.

» L'acide iodhydrique se combine également au gaz sulfureux en don-

nant une dissolution jaune orangé exempte d'iode libre. Ces combinaisons sont particulières aux iodures, car les chlorures et les bromures ne présentent rien d'analogue.

» Cette étude montre donc l'existence de combinaisons dissociables des iodures métalliques ainsi que de l'acide iodhydrique avec l'anhydride sulfureux. Quels sont les iodures qui présentent ce caractère, comment se comportent ces combinaisons en présence de l'eau? La solution de ces questions fera l'objet d'une prochaine Communication. »

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur les gaz émis par les sources du Mont-Dore.* Note de MM. **F. Parmentier** et **A. Hurion**, présentée par M. Troost.

« La plupart des sources minérales exploitées dans la région du Centre émettent des gaz très riches en acide carbonique. Certaines sources, comme la source Eugénie de Royat, rejettent de l'acide carbonique pur entièrement absorbable par la potasse, à la condition de recueillir ce gaz à la source même.

» Au Mont-Dore il n'en est pas ainsi. Quand après avoir recueilli les gaz qui s'échappent de ces sources on essaie de les absorber par la potasse il reste un résidu faible, il est vrai, mais très sensible.

» 100^{cc} laissent un résidu de $0^{cc},5$ dont les propriétés négatives sont celles de l'azote ou de ses congénères.

» Nous avons recueilli ce dernier gaz de la façon suivante :

» Dans de grands flacons préalablement remplis avec les gaz des sources nous avons introduit de la potasse caustique, puis de l'eau des sources, de façon à n'avoir aucune trace de gaz autre que ceux des sources. Nous avons purgé ces flacons avec le gaz des sources et nous n'avons recueilli le résidu qu'après en avoir laissé perdre des quantités assez grandes. Le gaz ainsi recueilli ne renferme pas de traces d'oxygène. Nous l'avons transporté dans notre laboratoire dans les flacons qui avaient servi à le recueillir et qui avaient été bouchés sous l'eau minérale, au moyen d'une cuve à eau contenant de l'eau minérale. Ces flacons ont été ouverts sur la cuve à mercure et la rentrée du mercure nous a montré qu'il n'était pas rentré d'air. Après dessiccation au moyen de potasse nous avons examiné ce gaz dans des tubes de Plucker à électrodes de magnésium. Nous avons observé d'abord le spectre de l'azote, puis le spectre bleu de l'argon et enfin le spectre rouge de ce gaz.

» Le même gaz, chauffé dans des cloches courbes avec du magnésium, nous a laissé un résidu de 2 pour 100. Ce résidu, introduit dans des tubes de Plucker, nous a immédiatement donné les raies caractéristiques de l'argon, d'abord le spectre bleu, puis le spectre rouge. Nous n'avons pu trouver ni les raies du crypton, ni celles du néon ou de l'hélium. Nous avons déterminé les raies caractéristiques de l'argon avec un spectroscope gradué en longueurs d'onde et avec un réseau.

» La composition des gaz émis par les sources du Mont-Dore est donc la suivante :

Acide carbonique	99,50
Azote	0,49
Argon	0,01
Total	100

» Quand on fait barboter ce gaz dans de l'eau distillée pendant un temps assez long, on constate que cette eau, évaporée dans le vide en présence d'acide sulfurique, laisse un faible résidu salin, en majeure partie formé de silice, de bromures et de chlorures. »

CHIMIE ORGANIQUE. — *Bromuration par le bromure d'aluminium.* Note de M. Ch. Pouret (1).

« En faisant réagir le bromure d'aluminium sur les dérivés chlorés CCl^4, C^2Cl^4, C^2Cl^6, Gustavson (2) a obtenu les dérivés bromés correspondants CBr^4, C^2Br^4, C^2Br^6. L'opération se faisait soit dans un ballon soit en tubes scellés; dans ce dernier cas, le rendement a atteint 90 et même 92 pour 100.

» Par l'action de l'aluminium en poudre sur ces mêmes chlorures en présence de brome, l'auteur a, dans tous les cas, obtenu C^2Br^6 avec des résines.

» Il y avait tout lieu de se demander si cette méthode n'était pas susceptible de généralisation, tel est le but des recherches que je poursuis.

» *Préparation du bromoforme.* — On verse par une ampoule à brome le chloroforme sur le bromure d'aluminium pulvérisé placé dans un ballon surmonté d'un

(1) Travail fait au laboratoire de M. le professeur Haller.

(2) Gustavson, *Bull. Soc. chim.*, t. XXXIV, p. 322. et t. XXXVI, p. 556.

réfrigérant ascendant. La double décomposition s'opère, mais il faut chauffer pendant quelque temps vers la fin de l'opération. En opérant en tubes scellés à 100° le rendement atteint 75 pour 100. Chose remarquable, je n'ai jamais obtenu les dérivés chlorobromés intermédiaires.

» *Préparation du bromure de méthylène.* — On opère d'une façon identique et l'on obtient ainsi un liquide bouillant à 98°-99° auquel l'analyse et le poids moléculaire attribuent la formule CH^2Br^2.

» *Préparation du bromure de méthyle.* — Dans un tube de verre légèrement incliné, en communication avec un réfrigérant pénétrant lui-même dans un ballon muni d'un tube latéral et plongeant dans la glace, j'ai introduit le bromure d'aluminium, puis j'ai fait passer le courant de CH^3Cl. Bientôt le CH^3Br coula, tenant en dissolution du $AlBr^3$. L'opération terminée, j'ai mis, par la soudure latérale, le ballon en communication avec un ballon semblable et énergiquement refroidi, puis j'ai fait arriver de l'eau dans le premier; le CH^3Br a distillé pur dans le second.

» *Préparation du bromure d'éthyle.* — Dans un matras de Wurtz, j'ai introduit deux ampoules à chlorure d'éthyle et du bromure d'aluminium pulvérisé en quantité théorique. Le matras scellé, j'ai cassé les ampoules par agitation, la réaction est vive, Le liquide lavé donne un corps bouillant à 38°-39°; c'est du C^2H^5Br, l'analyse et le poids moléculaire le confirment.

» *Préparation du bromure d'éthylène.* — Ici j'ai fait tomber le bromure pulvérisé par très petites portions, dans le chlorure d'éthylène contenu dans un ballon surmonté d'un réfrigérant ascendant. Il ne faut pas laisser la température s'élever surtout vers la fin de l'opération, car on tombe alors sur la réaction de M. Mouneyrat ([1]). Après le traitement indiqué, j'ai obtenu un corps bouillant à 130°-131°, l'analyse et le poids moléculaires vérifient que l'on a bien le $C^2H^4Br^2$.

» *Préparation du bromure d'éthylidène.* — J'ai opéré d'une façon absolument identique à la précédente, le corps bout à 113°.

» *Préparation du bromure d'acétylène.* — Je suis parti du chlorure d'acétylène obtenu sans danger par la méthode de M. Mouneyrat, et j'ai suivi le même mode opératoire en laissant la température s'élever un peu plus: il bout vers 120° sous 18mm.

» *Préparation du pentabrométhane.* — J'ai encore opéré de même, mais j'ai été ici obligé de répéter plusieurs fois l'opération. Il fond à 51°-52°. »

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action des éthers monochloracétiques sur l'acétylacétone sodée* ([2]). Note de M. F. **March**.

« M. Bischoff ([3]), se basant sur la propriété que possèdent les corps ayant un groupement CH^2 compris entre deux CO, de réagir avec les com-

---

([1]) *Bull. Soc. chim.*, t. XIX, p. 258.

([2]) Travail fait au laboratoire de M. Haller, à la Sorbonne.

([3]) Bischoff, *D. chem. Ges.*, t. XXIX, p. 966.

posés halogénés des carbures saturés, a étudié l'action de l'éther monochloracétique, soit sur l'éther acétylacétique, soit sur l'éther malonique sodés. Il a obtenu ainsi l'éther acétylsuccinique et l'éther éthényltricarballylique. MM. Haller et Barthe ([1]) ont fait réagir l'éther monochloracétique sur l'éther cyanacétique sodé et ont obtenu un mélange d'éthers cyanosuccinique et cyanotricarballylique.

» Nous avons trouvé que l'acétylacétone sodée réagit de même avec l'éther monochloracétique.

» β-β-*diacétylpropionate d'éthyle.* — On chauffe une molécule d'acétylacétone sodée avec une molécule de monochloracétate d'éthyle, au bain d'huile, avec réfrigérant à reflux, à 150°, pendant huit heures environ, jusqu'à réaction neutre au tournesol. Le précipité formé est constitué par du chlorure de sodium. Le tout est repris par l'eau distillée et épuisé à l'éther. Après rectification dans le vide, on obtient finalement un liquide passant à 146°-147° sous 24^{mm}. L'analyse de ce corps conduit à la formule

$$\begin{matrix} CH^3-CO \\ CH^3-CO \end{matrix}\!\!>CH-CH^2-COOC^2H^5$$

et la réaction qui lui a donné naissance est la suivante :

$$CH^3-CO-CHNa-CO-CH^3+CH^2Cl-COOC^2H^5$$
$$=NaCl+\begin{matrix} CH^3-CO \\ CH^3-CO \end{matrix}\!\!>CH-CH^2-COOC^2H^5.$$

» C'est un liquide jaune, insoluble dans l'eau, soluble en toutes proportions dans l'alcool et l'éther. Le diacétylpropionate d'éthyle, en solution dans l'alcool, donne avec l'acétate de cuivre un précipité gris analogue à celui que fournit l'acétylacétone.

» β-β-*diacétylpropionate de méthyle.* — Cet éther a été obtenu en opérant de la même façon que pour le diacétylpropionate d'éthyle. Après rectification dans le vide, on a finalement un liquide presque incolore bouillant à 130°-132° sous 24^{mm}. L'analyse de ce corps a donné des nombres qui conduisent à la formule

$$\begin{matrix} CH^3-CO \\ CH^3-CO \end{matrix}\!\!>CH-CH^2-COOCH^3.$$

» Ce liquide est soluble en toutes proportions dans l'alcool éthylique, l'alcool méthylique, l'éther; insoluble dans l'eau.

» *Phényldiméthylpyrazoléthanoate d'éthyle.* — Le diacétylpropionate d'éthyle, par ses fonctions cétones, peut se combiner avec la phénylhydrazine et se comporte comme l'acétylacétone elle-même. Il donne une hydrazone qui se transforme immédia-

---

([1]) Haller et Barthe, *Comptes rendus*, t. CVI, p. 1413.

tement en pyrazol en perdant H^2O, d'après la réaction :

$$\begin{matrix} CH^3-CO \\ CH^3-CO \end{matrix}\!\!>\!CH-CH^2-COOC^2H^5+C^6H^5AzH-AzH^2$$

$$= 2H^2O + C^6H^5-Az\!<\!\begin{matrix} Az = C-CH^3 \\ \quad\;\, | \\ C\;\; = C-CH^2-COOC^2H^5 \\ | \\ CH^3 \end{matrix}$$

» 15gr de diacétylpropionate d'éthyle, en solution dans l'alcool, ont été traités par 11gr,4 de chlorhydrate de phénylhydrazine, en présence d'un excès d'acétate de soude. L'huile rouge obtenue, dissoute dans l'éther, fournit des cristaux qui, purifiés et analysés, ont conduit au composé $C^{15}H^{18}Az^2O^2$, phényldiméthylpyrazoléthanoate d'éthyle. Il se présente sous forme de beaux cristaux incolores, fondant à 88°, solubles dans l'alcool, l'éther, la benzine, insolubles dans l'eau.

» Nous continuons l'étude de cette réaction et nous proposons de faire agir d'autres éthers halogénés sur l'acétylacétone sodée. »

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action du chlorure d'éthylidène sur les phénols.* Note de MM. **R. Fosse** et **J. Ettlinger** [1].

« *Acétal de l'orthocrésol :* $CH^3-CH\!<\!\begin{matrix} O-C^6H^4-CH^3 \\ O-C^6H^4-CH^3 \end{matrix}$. — Éthène-ortho-dioxydicrésyle dissymétrique.

» On a obtenu ce corps en chauffant en tubes clos à 120° une molécule de chlorure d'éthylidène, deux molécules de potasse, deux molécules d'orthocrésol. Le produit de la réaction a été agité avec un alcali et la partie insoluble extraite par l'éther. Après avoir séché et chassé ce dernier on a rectifié dans le vide et recueilli ce qui passe de 180°-185° sous 27mm. Dans une autre opération on a pris la portion bouillant de 173°-175° vers 16mm.

» L'analyse, la cryoscopie et la saponification font voir que ce corps est bien l'acétal de l'orthocrésol formé d'après l'équation :

$$CH^3-CH-Cl^2+2KOC^6H^4-CH^3 = 2KCl + CH^3-CH\!<\!\begin{matrix} OC^6H^4-CH^3 \\ OC^6H^4-CH^3 \end{matrix}.$$

(1) Travail fait au laboratoire de M. Haller, à la Sorbonne.

» La cryoscopie dans le benzène donne, pour le poids moléculaire, 235; la théorie exige 242.

» La saponification par l'acide sulfurique dilué de $\frac{2}{3}$ d'eau donne, d'une part, l'aldéhyde, d'autre part, l'orthocrésol.

» L'aldéhyde, sensible à l'odorat, a été caractérisé par la fuchsine décolorée par SO^2; l'orthocrésol a été reconnu facilement à son odeur, à sa coloration par le chlorure ferrique.

» L'acétal de l'orthocrésol est un liquide huileux, incolore, insoluble dans l'eau et les alcalis, soluble dans l'alcool, l'éther, le benzène. Plongé dans du chlorure de méthyle liquide, il se solidifie en une masse blanche fondant vers + 12°.

» *Acétal du paracrésol* : $CH^3 - CH\langle \begin{smallmatrix} O - C^6H^4 - CH^3 \\ O - C^6H^4 - CH^3 \end{smallmatrix}$. — Éthène-paradioxydicrésyle dissymétrique.

» On l'a obtenu comme le corps précédent en chauffant en tube clos à 120° les quantités théoriques de paracrésol, de potasse et de chlorure d'éthylidène. La partie insoluble dans les alcalis a été recueillie au moyen de l'éther. On a fractionné dans le vide et pris la portion bouillant à 200°-204° sous 22^{mm}.

» L'analyse, la cryoscopie et la saponification démontrent que le corps obtenu est l'acétal du paracrésol.

» La cryoscopie dans le benzène donne pour poids moléculaire 226; la théorie exige 242.

» La saponification par l'acide sulfurique dilué donne de l'aldéhyde caractérisé comme précédemment et du paracrésol facile à reconnaître à l'odorat et à l'action sur le chlorure ferrique.

» C'est un liquide huileux, incolore, insoluble dans l'eau et les alcalis, soluble dans l'alcool, l'éther, le benzène, à odeur aromatique. Il se solidifie sous l'influence du chlorure de méthyle en une masse blanche fondant de +15° à +17°.

» *Action du chlorure d'éthylidène sur la résorcine :*

» Dans l'espoir d'obtenir l'acétal de la résorcine de formule $CH^3 - CH\langle \begin{smallmatrix} O \\ O \end{smallmatrix} \rangle C^6H^4$, nous avons traité en tube clos, à 120°, 1 molécule de résorcine, 2 molécules de potasse, 1 molécule de chlorure d'éthylidène. Le produit de la réaction est une poudre jaune serin insoluble dans l'eau, soluble dans les alcalis. Ce corps est identique à celui obtenu par M. Causse par l'action de l'aldéhyde éthylique sur la résorcine en présence d'une faible quantité d'acide. En effet, il se décompose sans fondre à 300° comme le corps de M. Causse, l'acétate obtenu par l'action de l'anhydride acétique présente le point de fusion 285° au lieu de 282, de plus l'analyse nous a donné la même teneur en carbone.

» M. Causse représente ce corps par la formule suivante

$$CH^3 - CH\begin{cases} OC^6H^4 - OH \\ OC^6H^4 - OH \end{cases}.$$

» L'acide sulfurique dilué n'a pas saponifié ce corps en aldéhyde et en résorcine, ni à la température d'ébullition ni en tube clos à 130°. On obtient une matière rouge foncé qui a d'ailleurs été signalée par M. Causse. Il est possible que sous l'influence de l'acide le $(CH)'''$ se fixe au noyau. En chauffant ce corps en tube clos avec une lessive alcaline, M. Causse a obtenu de la résorcine. »

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la présence de la tyrosine dans les eaux des puits contaminés.* Note de M. **H. Causse**, présentée par M. Arm. Gautier.

« Nous avons montré (¹) que les eaux des puits contaminés de la Guillotière et des Brotteaux, à Lyon, contenaient de la cystine et donnaient avec le chloromercurate de paradiazobenzène-sulfonate de sodium une coloration jaune orangé. En examinant avec le même réactif les eaux des puits de la partie de Lyon comprise entre la Saône et le Rhône, aussi bien que celles de la colline de Saint-Just, nous avons constaté que l'on obtenait une coloration jaune parfois accompagnée d'une légère teinte orangée. Ces eaux, qui contiennent peu ou point de cystine, présentent des phénomènes singuliers que nous avons observés au commencement de février. En quelques jours l'une d'elles, prélevée à la pompe de la rue de Savoie, est devenue impropre à la boisson.

» *Propriétés générales.* — L'eau est trouble, de couleur noirâtre, d'odeur hépatique prononcée; par le repos, elle abandonne un précipité noir floconneux; elle contient de l'ammoniaque, des traces d'acide sulfurique, des traces également de nitrites et nitrates, de l'acide acétique. L'essai au chloromercurate fournit une teinte jaune, sans mélange d'orangé, ce qui exclut la présence de la cystine que nous n'avons pu mettre en évidence par la méthode indiquée. Si l'on rapproche tous ces faits et si l'on remarque que groupés ils répondent aux éléments mêmes de la cystine, on peut considérer l'hydrogène sulfuré, l'ammoniaque et l'acide acétique, comme les produits de dédoublement de ce composé. Cette destruction s'observe surtout en hiver, lorsque la température des puits est suffisamment abaissée. L'eau versée dans un vase à fond plat, sous une épaisseur de quelques centimètres, et exposée à l'air à la température de 30°, perd l'odeur hépatique et le précipité noir disparaît; en moins de quarante-

(¹) *Comptes rendus,* février, mars 1900.

huit heures, elle est devenue *inodore* et *limpide;* la proportion d'acide sulfurique a augmenté, aussi bien que celle des nitrates et des nitrites, tandis que l'ammoniaque a disparu progressivement.

» Malgré ces métamorphoses, le réactif au chloromercurate n'accuse à aucun moment la présence de la cystine ; on obtient une teinte jaune d'autant plus intense que l'eau est plus claire, c'est-à-dire que la fermentation est plus complète.

» Conservée dans un flacon fermé, la surface de l'eau se recouvre d'un voile qui tombe au bout de quelques jours, l'odeur hépatique persiste et le sulfure de fer ne se dissout pas; mais si le flacon est ouvert et à une température de 30°, les phénomènes d'oxydation signalés plus haut se reproduisent. La destruction de la cystine est donc suivie, la température aidant, d'une fermentation oxydante, et c'est à la suite de cette seconde fermentation que l'on trouve la tyrosine dans les eaux.

» *Extraction de la tyrosine.* — Nous avons employé deux procédés : l'un fondé sur l'insolubilité de la combinaison mercurielle, il fournit la tyrosine sous forme de tyrosinate double de mercure et de calcium; le second, sur l'insolubilité du tyrosinate de baryum. Tous les sels de mercure ne conviennent pas pour la précipitation. Un mélange d'azotate et d'azotite de mercure, tel qu'il existe dans le réactif de Millon, donne de bons résultats, à condition qu'il soit neutre, ce que l'on réalise de la manière suivante : à 100^{cc} de ce réactif on ajoute 400^{cc} d'une solution saturée de nitrate de potasse; dans ce mélange chaud on introduit de l'oxyde mercurique jusqu'à refus, et l'on obtient une liqueur qui ne contient plus d'acide nitrique libre. Le réactif étant préparé, à 25^{lit} d'eau on ajoute 250^{cc} de ce réactif; il donne un précipité jaune abondant; lorsqu'il est réuni, on décante l'eau, on lave le dépôt et on le traite ensuite par 100^{cc} d'acide acétique au $\frac{1}{5}$ à la chaleur du bain-marie bouillant. On laisse reposer, on décante le liquide encore chaud, et le résidu est soumis à un second traitement semblable. Il reste une substance cristalline, de couleur grenat, représentant la combinaison double de mercure et de calcium; elle est lavée et séchée. A l'analyse, elle a donné les nombres suivants calculés pour 100 :

C : 35,8; Az : 4,9; CaO : 10;

le calcul pour la formule $C^{18}H^{18}Az^2O^3CaHg$ conduit aux pourcentages suivants, très voisins des précédents :

C : 36,1; Az : 4,68; CaO : 9,3 pour 100.

» *Procédé barytique.* — Le précipité blanc qui prend naissance lorsqu'on traite l'eau par un excès d'eau de baryte, est, après dépôt complet, séparé, lavé à l'eau distillée et épuisé à chaud par l'acide acétique étendu ; on obtient un résidu cristallin, formé par le tyrosinate de baryum, mélangé de sulfate du même métal. L'analyse de ce composé a été faite en déterminant le rapport du carbone à l'azote.

» Les dosages du carbone et de l'azote, pratiqués sur 1^{gr} de matière, ont donné $C = 0,0468$ et $Az = 0,006$, le rapport $\frac{C}{Az} = \frac{0,0468}{0,006}$ soit $\frac{7,6}{1}$; le même rapport calculé pour la tyrosine $C^9H^{11}AzO^3$ donne $\frac{7,7}{1}$.

» *Réactions.* — Le sel de mercure, distillé sur la chaux sodée, donne de la *benzine*.

Le sel de baryum, traité par l'acide sulfurique, en présence de l'alcool, cède à ce dernier de la tyrosine; en même temps, il prend une teinte rouge, observée récemment par M. Denigès, teinte qui résiste à la décoloration par le charbon même à chaud; l'évaporation de l'alcool abandonne la tyrosine avec ses formes cristallines caractéristiques. La réaction de Piria s'effectue facilement avec le produit extrait par l'alcool.

» L'ensemble des faits qui viennent d'être énumérés montre que les eaux contaminées, colorées en jaune par le chloromercurate de paradiazobenzène-sulfonate de sodium, renferment de la tyrosine. La circonstance que l'intensité de la coloration augmente avec la disparition de l'ammoniaque et l'éclaircissement de l'eau prouve que cette tyrosine n'y préexistait pas. Elle apparaît, en effet, à la suite d'une oxydation énergique qui porte simultanément ses effets sur les éléments minéraux et organiques de l'eau. La matière organique est une substance albuminoïde que nous avons isolée à l'aide d'un réactif spécial; on la trouve particulièrement dans les eaux tyrosinées, alors qu'elles sont encore troubles; à mesure que le dépôt noir se dissout, elle devient de plus en plus difficile à mettre en évidence, et peut faire défaut dans les eaux qui donnent, même légèrement, la réaction de la cystine. »

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Étude de quelques transformations qui se produisent chez les plantes étiolées à l'obscurité* [1]. Note de M. G. **André**.

« La plante qui germe et se développe à l'obscurité absolue présente, dans la façon dont elle essaie d'utiliser soit les matériaux organiques de sa graine, soit les matières salines qu'elle peut prendre au substratum sur lequel elle vit, des particularités intéressantes mises en évidence par de nombreux expérimentateurs, notamment par M. Godlewski et par M. Palladin. Les phénomènes de transpiration qui, normalement, règlent l'ascension de l'eau et celle des sels que celle-ci tient en dissolution étant alors singulièrement modifiés, il m'a paru intéressant de suivre la façon dont les éléments salins se comportent vis-à-vis des différentes transformations que l'on constate chez le végétal étiolé.

» J'ai comparé, à cet effet, l'analyse initiale de la graine : 1° avec celle d'une plante développée à l'obscurité absolue pendant un certain temps, et 2° avec celle d'une plante végétant normalement à la lumière pendant le

[1] Travail fait au laboratoire de Chimie organique du Collège de France.

même temps. Des graines, aussi semblables que possible, ont été semées dans deux vases contenant une bonne terre de jardin dont l'un demeure à l'obscurité, l'autre étant exposé à la lumière. Dans le Tableau ci-dessous je transcris d'une façon sommaire deux essais exécutés avec le *maïs* et le *lupin*.

	Maïs (24 mai-3 juillet 1899).			Lupin (28 juillet-5 septembre).		
	Graines.	Plantes à la lumière.	Plantes à l'obscurité.	Graines.	Plantes à la lumière.	Plantes à l'obscurité.
	gr	gr	gr	gr	gr	gr
Poids sec de 100 unités	38,53	59,33	22,83	36,32	73,64	20,90
Carbone total	17,15	24,18	9,47	17,78	32,85	8,41
Azote total	0,59	0,76	0,65	2,15	2,23	1,93
Asparagine	0,25	0,35	0,41	1,51	»	6,17
Azote amidé soluble (y compris celui de l'asparagine)	0,08	0,30	0,35	1,29	»	1,73
Hydrates de carbone solubles dans l'eau (1)	0,63	3,85	1,13	»	»	1,88
Hydrates de carbone saccharifiables (1)	31,86	18,72	6,29	»	»	
Cellulose (1)	1,15	14,66	4,05	2,11	»	2,71
Cendres totales	0,67	9,10	3,17	1,19	7,20	1,92
SiO^2	0,0077	2,89	0,24	0,05	1,28	0,74
CaO	0,0034	0,92	0,33	0,12	0,95	0,14
PO^4H^3	0,47	1,02	0,44	0,58	1,00	0,56
K^2O	0,11	2,58	0,72	0,46	3,15	0,40

» I. On voit, dans les deux essais ci-dessus, que le *carbone* total des plantes étiolées ne représente que la moitié environ de celui qui était contenu dans la graine. L'*azote* total n'a pas changé. Cependant, il est plus faible chez le lupin étiolé que celui de la graine initiale, ce qui doit être mis, dans ce dernier cas, sur le compte d'un commencement de putréfaction souvent difficile à éviter. Les deux plantes étiolées contiennent des quantités très différentes d'asparagine, bien que la durée de l'expérience ait été sensiblement la même. Alors que le lupin étiolé en renferme 29,52 pour 100 de la matière sèche, soit 6gr,17 dans 100 pieds secs étiolés, le maïs n'en renferme que 1,81 pour 100, soit 0gr,41 dans 100 pieds secs étiolés. Il semble donc que le maïs a utilisé au fur et à mesure l'asparagine à la régénération de nouveaux albuminoïdes. L'azote amidé soluble (y compris celui de l'asparagine) est beaucoup moins abondant dans le maïs étiolé, où il représente seulement un peu plus de la moitié de

(1) Calculés à partir de la matière sèche privée de ses substances grasses.

l'azote total, que dans le lupin, où il représente environ les $\frac{9}{10}$ de cet azote. Cette façon différente dont se comporte l'azote peut se comprendre si l'on examine ce qui se passe du côté des hydrates de carbone 1° solubles dans l'eau, et 2° saccharifiables par les acides étendus. Leur provision est considérable dans le maïs étiolé, elle s'élève à 4,99 pour 100 de la matière sèche dans le premier cas et à 27,56 dans le second, chiffres voisins de ceux qu'elle atteint dans la plante venue normalement à la lumière, alors que, dans le lupin, ainsi que je l'ai reconnu par de nombreux essais, les hydrates de carbone de la plante étiolée sont en beaucoup plus faible quantité, le quart seulement environ dans l'exemple ci-dessus. La régénération des albuminoïdes au moyen de l'asparagine et de ses hydrates de carbone doit donc être plus facile chez la première plante que chez la seconde. Le maïs étiolé transforme également en *cellulose* une partie de ses hydrates de carbone solubles; en effet, chez cette plante la cellulose représente seulement 2,99 pour 100 de la matière sèche de la graine et 17,72 pour 100 de la plante étiolée. En tenant compte des poids absolus de 100 graines et de 100 plantes étiolées, le Tableau précédent montre mieux encore cette genèse de la cellulose. Chez le lupin, au contraire, j'ai trouvé soit un état stationnaire, soit même une diminution sur la cellulose initiale de la graine.

» II. L'examen de la *composition des cendres* suggère les remarques suivantes : le maïs et le lupin étiolés ne se comportant pas tout à fait de même. La proportion centésimale des *cendres totales* de la plante insolée est un peu plus considérable que celle de la plante étiolée (15,35 contre 13,90 pour le maïs et 9,78 contre 9,20 pour le lupin). Si l'on examine maintenant la *nature des cendres*, voici ce que l'on trouve. La *silice* est trente fois plus abondante dans la plante étiolée que dans la graine de maïs et quinze fois plus abondante dans la plante étiolée que dans la graine de lupin. La *chaux*, au contraire, cent fois plus abondante dans la plante étiolée de maïs que dans la graine initiale, n'a pas varié chez le lupin. Faut-il voir ici une relation entre cette abondance relative de la chaux chez le maïs et la transformation des hydrates de carbone solubles ou saccharifiables en cellulose insoluble dont le poids, dans cent unités sèches, est presque quatre fois plus fort que dans la graine, alors que, chez le lupin, cette formation de cellulose n'a pas eu lieu? La proportion centésimale de l'*acide phosphorique* est plus forte chez la plante étiolée que chez la plante insolée; mais, si l'on rapporte les chiffres à cent plantes sèches, on trouve que le poids de cet acide est le même dans la graine que dans la plante

étiolée. J'ai montré récemment (*Comptes rendus*, t. CXXIX, p. 1262) que, pendant la germination normale, l'absorption de cet élément paraissait être en rapport avec celle de l'azote : or, celui-ci n'a pas varié.

» La teneur en *potasse* est la même dans le lupin étiolé que dans la graine initiale, ce que j'ai du reste vérifié dans de nombreux essais : il doit en être ainsi puisque l'absorption de la potasse est en relation avec la genèse de l'amidon. Cependant le maïs étiolé renferme une quantité de potasse notablement plus forte que celle contenue dans la graine; nous venons d'observer le même fait relativement à la chaux.

» Ainsi donc, le maïs et le lupin ne se comportent pas, pendant l'étiolement, de la même manière. L'inspection du Tableau précédent, dans lequel sont inscrits parallèlement les résultats obtenus avec les plantes étiolées et les plantes insolées, montre avec netteté sur quels éléments portent les variations tant de la matière minérale que de la matière organique. »

ZOOLOGIE. — *Blastotomie spontanée et larves jumelles chez* Petromyzon Planeri. Note de M. E. **Bataillon**, présentée par M. de Lacaze-Duthiers.

« Les faits que je vais consigner sont particulièrement intéressants en ce que l'évolution des ébauches a pu être suivie depuis la première segmentation jusqu'à l'éclosion.

» D'une femelle de *Petromyzon* ayant déjà pondu, on tire une centaine d'œufs non éliminés et on les féconde artificiellement. Ils ne diffèrent en rien des œufs ordinaires et paraissent en parfait état.

» La division est régulière pour tous. Mais, dès le stade à 4 éléments, on remarque que, pour beaucoup, le premier sillon s'est accentué au point de partager l'ébauche en deux moitiés d'une façon plus ou moins complète. Dans les conditions normales, les deux premiers sillons, bien accusés, s'effacent progressivement à l'apparition du troisième horizontal; avec les divisions qui suivent, l'ensemble se régularise et la morula sphérique apparaît légèrement sculptée à sa surface. Une soixantaine de nos œufs se comportent ainsi; mais, pour les quarante autres, le premier sillon, loin de s'atténuer, forme une ligne de démarcation de plus en plus parfaite. L'œuf primitif aboutit donc à deux ébauches morulaires, puis blastulaires, *absolument separées*. Sur ces deux blastules apparaissent, à la même extrémité et à la face inférieure, deux blastopores normaux; et, en rapport avec chacun

d'eux, évoluent en avant les deux soulèvements épiblastiques limitant la gouttière médullaire. Les deux gastrules typiques conduisent donc à deux embryons également typiques.

» Mais le volume total des deux larves naines ne dépassera guère celui d'une larve ordinaire. Il arrive même que l'une soit sensiblement plus petite que l'autre (car la première segmentation est souvent inégale). On constate alors un retard marqué dans les différenciations successives. Ce retard, qui peut atteindre deux jours pour l'apparition du sillon médullaire, *paraît fonction de la taille*. Il s'accuse dans l'évolution ultérieure.

» On comprendra sans peine que ces matériaux curieux, dans la proportion de 40 pour 100, aient pu être isolés dès le début et soigneusement observés.

» Du reste, les autres œufs qui paraissaient normaux au début de l'évolution sont morts au stade morulaire; et, sur les soixante, malgré les précautions prises, *un seul* est arrivé au développement complet.

» Les formations doubles ont résisté beaucoup mieux : la plupart ont montré de la façon la plus nette *les deux blastopores*. Mais quelques-unes seulement ont franchi le stade des bourrelets médullaires pour atteindre l'éclosion; ou bien, l'une des gastrules tombant en destruction, l'autre a continué d'évoluer. Ce développement spontané *de deux larves complètes aux dépens d'un œuf unique* méritait d'être signalé, car il s'agit d'une *blastotomie originelle* dans laquelle on ne peut incriminer le mode opératoire.

» Mais les faits peuvent être compris de diverses façons. On invoquera la fusion de deux œufs, la polyspermie, etc. Le seul emploi du terme *blastotomie* implique une interprétation plus simple : des œufs qui, dans des conditions physiologiques spéciales, isolent leurs deux premiers blastomères, chacun fournissant son embryon comme dans les expériences de Schultze (1) sur la Grenouille, ou *mieux encore* dans celles de J. Loeb (2) sur les œufs d'Oursins.

» Dans tous les cas, on touche au problème des formations gémellaires et des monstres doubles. J'espère l'aborder prochainement avec un complément de résultats expérimentaux. »

---

(1) O. Schultze, *Die künstliche Erzeugung von Doppelbildungen bei Froschlarven mit Hilfe abnormer Gravitationswirkung* (*Archiv für Entw. Mechanik der Org.*, p. 269-305; 1894).

(2) J. Loeb, *Beiträge zur Entwickelungs-Mechanik der aus einem Ei entstehenden Doppelbildungen* (*Archiv f. Entw. Mech.*, p. 453; 1895).

BOTANIQUE. — *Modifications de structure observées dans les cellules subissant la fermentation propre.* Note de MM. **L. Matruchot** et **M. Molliard**, présentée par M. Gaston Bonnier (¹).

« On a donné le nom de *fermentation propre* à la fermentation alcoolique qui se produit, en dehors de l'intervention de tout organisme étranger, dans les tissus sucrés des êtres vivants, placés à l'abri de l'oxygène. Nous avons reconnu que les cellules qui vivent dans ces conditions subissent des modifications de structure, qui peuvent même, dans une certaine mesure, permettre de caractériser morphologiquement le phénomène physiologique de la fermentation propre.

» Dans des recherches de ce genre, il est avant tout indispensable de se mettre à l'abri de diverses causes d'erreur et surtout de l'intervention possible de microrganismes, tels que levures ou bactéries; ces éléments étrangers pourraient, en effet, agir sur la structure des cellules étudiées, qu'ils fussent d'ailleurs capables ou non de produire eux-mêmes la fermentation alcoolique (²).

» Nous avons opéré sur plusieurs végétaux appartenant à des groupes très différents. Nous n'étudierons ici en détail que le cas du fruit du Potiron (*Cucurbita maxima*).

» A l'aide d'une technique particulière dans le détail de laquelle nous n'entrerons pas ici, un morceau de potiron est découpé et introduit aseptiquement dans le récipient, préalablement stérilisé, où il doit subir la fermentation propre. A ce récipient est adapté un appareil qui reçoit le gaz dégagé; le dispositif employé est tel que l'atmosphère entourant le tissu qui subit la fermentation propre reste toujours à une pression voisine de la pression atmosphérique.

» Pour juger de l'état aseptique du morceau de potiron sans recourir à des reports

(¹) Travail fait au Laboratoire de Botanique de la Sorbonne, dirigé par M. Gaston Bonnier.

(²) Chemin faisant, et grâce au dispositif employé, nous avons, en outre, mis en évidence d'une façon indiscutable le phénomène de la fermentation propre; cette démonstration n'était peut-être pas entièrement superflue, car jusqu'à présent, ainsi que le fait très justement observer M. Duclaux (*Traité de Microbiologie*, t. III, p. 46), s'il a été fait de nombreuses expériences à ce sujet, aucune d'elles, prise isolément, n'est absolument démonstrative, et c'est seulement de leur ensemble qu'on a pu conclure à l'existence du phénomène.

ultérieurs qui pourraient être des causes d'erreur, l'échantillon est mis dès le début et reste pendant tout le cours de l'expérience en contact avec un bouillon de culture destiné à déceler la présence des organismes inférieurs. Les microrganismes à rechercher pourraient avoir été introduits par le mode opératoire ou bien se trouver naturellement dans le tissu soumis à l'expérience. Nous avons pensé mettre en évidence les uns ou les autres en nous servant d'un bouillon peptonisé ordinaire additionné d'une décoction de potiron; nous avons d'ailleurs rendu ce milieu de culture soit légèrement alcalin, soit neutre ou légèrement acide, et nous avons opéré à des températures différentes comprises entre 15° et 33°. Si des morceaux de potiron placés dans ces diverses conditions ne donnent lieu à aucun développement de microrganismes, il nous paraît difficile de ne pas admettre qu'ils soient absolument purs de tout élément étranger.

» En opérant ainsi, nous avons réussi à maintenir à l'état de pureté absolue pendant plusieurs mois les échantillons étudiés, et nous avons reconnu que les cellules subissant la fermentation propre présentent les modifications morphologiques suivantes, portant sur les différents éléments du contenu cellulaire.

» *Noyau*. — Les cellules du fruit de potiron, avant la mise en expérience, renferment un noyau à contour non régulier et sans réseau apparent; au milieu d'une multitude de fins granules de chromatine, on distingue un nombre beaucoup moins grand de granules de même nature, mais plus gros, dont quelques-uns atteignent même la taille de nucléoles.

» Dans les cellules qui fermentent, le noyau prend un contour régulier, devient sphérique, augmente de diamètre; le réseau chromatique apparaît nettement, ses mailles s'agrandissent et il se porte à la périphérie; la chromatine se condense aux nœuds de ce réseau et diminue peu à peu; finalement le noyau a l'aspect d'une grosse vésicule claire de moins en moins colorable. Pendant ces transformations les nucléoles se portent également à la périphérie du noyau et subissent la même régression que les masses de chromatine.

» *Chromoleucites*. — Les chromoleucites à l'état normal ont une structure réticulée particulièrement nette qu'on peut mettre en évidence par l'emploi de certains colorants; le pigment est localisé dans les parties les plus épaisses de ce réseau.

» L'action de la fermentation propre de la cellule se manifeste sur les chromoleucites par une condensation du réseau en masses plus ou moins volumineuses et généralement périphériques.

» *Protoplasma*. — Le protoplasma des cellules qui fermentent devient vacuolaire; il présente en outre un phénomène très caractérisé, consistant

dans l'apparition de nombreuses gouttelettes d'huile essentielle. Le diamètre de ces globules d'huile, assez constant pour un stade déterminé de la fermentation propre de la cellule, augmente avec la durée du phénomène. Ces gouttelettes réduisent l'acide osmique, sont colorables par la teinture d'alkanna et sont solubles dans l'alcool et dans l'acide acétique.

» Ces modifications, et principalement la formation des gouttelettes huileuses dans le protoplasma, semblent avoir une grande généralité : nous les avons observées dans des matériaux très divers. Grâce aux résultats nombreux et concordants de nos expériences, nous pouvons donc dès maintenant donner un criterium morphologique de la fermentation propre :

» *Toute cellule en état de fermentation propre présente :*

» 1° *Un noyau très clair;*

» 2° *De la chromatine en faible quantité et disposée à la périphérie du noyau;*

» 3° *Un protoplasma très vacuolisé;*

» 4° *De nombreuses gouttelettes d'huile essentielle formées à l'intérieur de ce protoplasma.*

» En tenant compte des faits qu'a signalés M. Wager (1) sur les levures, on pourrait peut-être étendre ce criterium à toute cellule produisant, soit à l'aide de ses propres réserves, soit aux dépens d'un liquide sucré, la fermentation alcoolique. »

GÉOGRAPHIE BOTANIQUE. — *Les zones et les provinces botaniques de l'Afrique occidentale française* (2). Note de M. **A. Chevalier**, présentée par M. Van Tieghem.

« Par les épaisses forêts de la Casamance, de la Bagoé et de la Volta, la flore du Sénégal se rattache à la zone des forêts de la région équatoriale de

---

(1) Wager, *The nucleus of the Yeast-Plant* (*Ann. of Bot.*, vol. XII; déc. 1898).

(2) Ce travail est le résultat d'observations faites au cours d'une mission scientifique confiée à l'auteur par M. le général de Trentinian, alors gouverneur du Soudan français (1898-1899), et d'une autre mission d'exploration botanique au Sénégal (1899-1900) confiée à l'auteur par M. Chaudié, gouverneur général de l'Afrique occidentale française. Pendant ces deux missions, l'auteur a parcouru la brousse sur un itinéraire d'environ 8000^{km} et visité successivement le Haut-Sénégal, le moyen et le haut Niger, les anciens États de Samory et de Thiéba, le Sindou, le territoire de la Volta, la boucle du Niger, le territoire de Tombouctou, une partie du Sahel; enfin, au

l'Afrique; par les plaines sablonneuses et les dunes arides du nord, elle se lie à la flore désertique du Sahara. Entre ces deux extrêmes, la végétation présente une variété infinie d'aspects.

» En allant du nord au sud, on observe successivement :

» 1° La *zone sahélienne*, caractérisée par quelques espèces sahariennes et des espèces ligneuses peu nombreuses, de taille souvent réduite et ne formant que des taillis très peu épais. Le sol est presque partout sablonneux et nu.

» 2° La *zone soudanienne*, la plus vaste de toutes, constituée en grande partie par des plateaux de *latérite* presque nus en saison sèche et qui deviennent en hivernage (de juin à novembre) d'épaisses prairies ou des savanes formées de hautes graminées et de nombreuses légumineuses. Les arbres sont d'espèces très variées et souvent de belle taille. Ils ne forment jamais de forêts impénétrables ou même épaisses. Ils sont rarement enlacés par des lianes.

» 3° La *zone guinéenne*, constituée à proximité de la côte par des terrains bas et marécageux, souvent coupés de larges estuaires saumâtres bordés de palétuviers. Dans l'intérieur, le pays est souvent montagneux et couvert de rivières ou de ruisseaux à courant assez rapide. Les régions basses et les vallées sont généralement constituées par de hautes forêts compactes ou même impénétrables lorsque les arbres sont enlacés de lianes. Il y existe également de grandes clairières, couvertes de hautes graminées, de rizières, de champs de mil. Les régions montagneuses et les plateaux de latérite sont couverts de taillis clairs et de savanes, comme dans la zone soudanienne. Les cours d'eau sont souvent bordés d'un épais fouillis de végétaux, parmi lesquels dominent les Bambous, les *Eleis*, les *Raphia*.

» Les zones géographiques précédentes peuvent à leur tour se diviser en provinces botaniques, dont nous examinerons successivement la constitution.

I. — Zone sahélienne.

» 1° Province de Tombouctou et du Sahel.

» La végétation ligneuse est épineuse et rabougrie; les plantes herbacées ont des fruits ou des graines souvent accrochants. Elles ont de puissantes racines enfoncées

---

Sénégal, une partie du Cayor, du Baol, la curieuse région littorale des Niayes; puis une partie de la Casamance, notamment les territoires de la rive droite (Yacine, Fogny, Iton) et sur la rive gauche le pays des Floups.

profondément dans le sable et leurs tiges sont appliquées sur le sol. Le sable est parfois nu sur de grands espaces (dunes sahariennes).

» Les espèces les plus caractéristiques sont plusieurs espèces d'*Acacia*, *Poivrea aculeata*, *Cassia senna*, *Callotropis procera*, *Balsamodendron africanum*, *Salvadora persica*, le palmier doum (*Hyphene thebaïca*) très commun. Dans les endroits humides, la culture du blé, de l'orge et du dattier réussirait bien.

» 2° Province du Macina, du Kaarta et du Fouta sénégalais.

» Arbres épineux encore dominants, notamment de grands *Acacia* tels que *A. Adansoni*, *Balanites ægyptiaca*. Brousse clairsemée, couverte en hivernage de nombreuses graminées et légumineuses herbacées.

» C'est la province qui convient le mieux à l'établissement de pâturages.

II. — Zone soudanienne.

» 3° Province du Minianka, de Ségou et Bammako, de la Haute-Gambie.

» Brousse clairsemée, formée en grande partie comme arbres de deuxième grandeur par les *Bassia Parkii* et *Parkia biglobosa*. Le long des marigots, grands *Ficus*, Bambous, *Raphia vinifera* communs.

» C'est le pays des belles cultures indigènes : sorghos, panics, cotonniers, indigotiers.

» 4° Province du sud du Cayor et du Baol.

» Brousse claire, à arbres de la même essence venant rarement en colonies. Les plus remarquables sont le baobab (*Adansonia digitata*), le kailcédrat (*Kaya senegalensis*), le kada (*Acacia albida*), le néou (*Parinarium senegalense*), par places le palmier rônier (*Borassus flabelliformis*).

» La culture de l'arachide est la plus importante de cette région.

» 5° Province littorale, comprise entre le fleuve Sénégal et la Gambie.

» Sur les dunes croissent : *Chrysobalanus icaco*, des graminées et cypéracées maritimes ; dans les marais : *Phœnix senegalensis*, *Tamarix senegalensis*, des *Salicornia*, des *Suæda*, des *Ipomœa*, *Philoxerus vermicularis*.

» Au sud du Cayor commence derrière les dunes la curieuse région des *Niayes*, formée de séries de petites cuvettes d'eau douce et de vallons d'une végétation à affinités méridionales. On y trouve des colonies d'*Eleis guineensis* ombrageant parfois des fougères, puis *Zanthoxylum senegalense*, *Uvaria æthiopica*. La liane à caoutchouc (*Landolphia Heudeloti*) est assez commune.

» Cette province convient à la culture des cocotiers et les Niayes à celle des caféiers.

III. — Zone guinéenne.

» 6° Province du Pays Bobo, du nord du Kénédougou et du Ouassoulou.

» *Bassia Parkii* et *Parkia biglobosa* encore abondants. Au premier vient s'ajouter *Lophira alata*, qui en a le port et le feuillage. La liane à caoutchouc devient de plus en plus commune, mais est localisée sur les plateaux de latérite. Marigots bordés d'une épaisse végétation : palmiers, *Ficus, Urostigma*, lianes diverses.

» 7° Province du pays Mboing et du Sindou :

» Région montagneuse, très boisée dans les vallées, à brousse claire sur les hauteurs. La liane à caoutchouc est commune sur tous les terrains. Le long des marigots on trouve : *Eleis guineensis, Carapa guineensis, Pandanus candelabrum*, la liane à indigo ou Karaba (*Lonchocarpus cyanescens*). La saison des pluies commence ordinairement vers le milieu d'avril et se termine vers le milieu de novembre.

» On peut cultiver en terrains appropriés presque toutes les plantes industrielles des pays tropicaux.

» 8° Province de la Casamance :

» Sa flore est déjà celle des pays des Rivières du Sud. Le fleuve et ses bras saumâtres assez loin dans les terres sont bordés par des *Rhizophora*, des *Avicennia*, des *Conocarpus* formant un rideau de rivage épais. Derrière s'étendent tantôt des clairières marécageuses, souvent transformées en rizières, tantôt de hautes forêts dont les principales essences sont *Parinarium excelsum, Treculia africana, Tetrapleura Thonningii, Pentaclethra macrophylla*, de nombreux *Eleis guineensis*, un *Raphia* souvent associé au *Calamus secundiflorus*. L'*Eriodendron anfractuosum* est spontané et son tronc atteint parfois jusqu'à 30^m de tour. Au-dessous de la tête des arbres s'enroulent de droite à gauche des lianes appartenant surtout aux combrétacées et aux apocynacées, lianes qui vont souvent épanouir leurs fleurs et leurs feuilles à plus de 20^m de hauteur.

» C'est la province la plus propre aux cultures tropicales. »

MINÉRALOGIE. — *Sur les granites et syénites quartzifères à œgyrine, arfvedsonite et œnigmattie de Madagascar.* Note de M. A. **Lacroix**, présentée par M. Michel-Lévy.

« Les granites et syénites quartzifères à pyroxène et amphibole sodiques (*œgyrine, arfvedsonite, riebeckite*) étaient à peu près inconnus, il y a quelques années. Plusieurs gisements de ces roches ont été récemment trouvés

dans diverses régions, où elles se présentent avec des particularités caractéristiques. Elles n'en constituent pas moins encore des raretés pétrographiques d'un grand intérêt théorique. La découverte de roches de ce genre dans trois régions distinctes de Madagascar est donc un fait digne d'être noté. Je les ai observées parmi des collections envoyées au Muséum par divers voyageurs; elles proviennent : 1° de l'Ambongo, non loin de la côte occidentale de l'île et à environ 200^{km} au sud-sud-est de Majunga; 2° des collines dominant la baie de Passandava, sur la côte nord-ouest, au sud de Nossi-Bé; 3° du bassin du Mangoro, sur le flanc oriental du massif d'Ankaratra.

» *Ambongo.* — Ces roches m'ont été remises par M. E. Gautier; elles ont été recueillies à l'Ambohitsosy et proviennent d'un massif éruptif en contact avec les schistes métamorphiques du bassin du Sambao (¹). Le type dominant est un granite très quartzeux, riche en orthose et anorthose, associés en microperthite avec de l'albite; de grands cristaux d'ægyrine sont antérieurs ou contemporains du quartz qui moule les feldspaths. Ils présentent dans un même cristal de remarquables variations de couleur, allant du jaune pâle au vert d'herbe foncé, sans que les extinctions soient notablement distinctes dans les zones diversement colorées. Il existe une amphibole d'un vert bleuâtre en partie transformée en petites baguettes d'ægyrine.

» Beaucoup moins quartzifère est une roche à structure miarolitique dont les feldspaths, de même nature que dans les roches précédentes, sont tous automorphes. Ils sont moulés par de grands cristaux d'ægyrine vert foncé, d'arfvedsonite et enfin d'*œnigmatite* d'un brun sombre, très pléochroïque, possédant les mêmes propriétés que le minéral du Groenland. Une quantité variable de quartz achève localement le remplissage des vides miarolitiques.

» La syénite quartzifère de l'Ambohitsosy est la première roche dans laquelle, à ma connaissance, l'œnigmatite ait été trouvée comme élément essentiel.

» *Baie de Passandava.* — Je dois les échantillons de cette région à M. Villiaume; le type syénite y domine, les roches très quartzifères à faciès granitique paraissent constituer l'exception. La structure de ces roches est tantôt franchement grenue (surtout dans les syénites pauvres en quartz) ou miarolitique, avec automorphisme constant des feldspaths qui, là encore, sont constitués par des microperthites d'orthose, d'anorthose et d'albite. L'ægyrine est associée d'une façon presque constante à des amphiboles bleues du groupe de l'arfvedsonite; quand ces deux minéraux se présentent en grands cristaux atteignant parfois quelques centimètres, ils englobent pœcili-

(¹) Voir la carte géologique publiée par M. E. Gautier dans son *Atlas de l'Ambongo.* Les autres roches éruptives de l'Ambongo sont sans intérêt pétrographique (granites, granulites normales, basaltes, labradorites, andésites, etc). Il y a lieu toutefois de faire une exception pour le massif de gabbro de Fonjay, qui présente un type remarquable de *troctolite*, roche blanche à aspect de calcaire marmoréen, qui est essentiellement constituée par de l'anorthite avec un peu d'olivine.

tiquement un très grand nombre de cristaux nets de feldspath; cette structure est déjà visible à l'œil nu. Ces roches contiennent du zircon, un peu de sphène, d'apatite, de *pyrochlore* en octaèdres réguliers jaune d'or. Elles sont accompagnées d'autres roches sodiques dont quelques-unes renferment de la néphéline : ces dernières feront l'objet d'une Communication ultérieure.

» *Bassin du Mangoro.* — La roche de cette région que j'ai étudiée ne porte pas d'indication plus précise de gisement; elle a été recueillie par M. Catat et m'a été communiquée par M. Stan. Meunier.

» C'est une roche miarolitique, pauvre en quartz, riche en albite. L'amphibole qui accompagne l'ægyrine est d'un brun verdâtre et appartient par ses extinctions au groupe de la barkervicite. Les bords de ses cristaux deviennent d'un brun plus foncé, puis sur la bordure extérieure passent au bleu sombre avec pléochroïsme intense; la zone bleue s'éteint sous des angles très petits et en sens inverse du cristal central; elle est constituée par une amphibole du groupe de la riebeckite; cette transformation d'une amphibole sodique à allongement positif en une amphibole négative rappelle celle qui a été observée par M. W. Cross dans une syénite des Rosita Hills (Colorado).

» En résumé, on voit que dans trois régions de Madagascar, très éloignées les unes des autres, se rencontrent des syénites à feldspaths exclusivement alcalins, caractérisées par l'existence de l'ægyrine associée à une ou à plusieurs amphiboles sodiques; le quartz est constant, souvent même assez abondant pour que la roche doive être considérée comme un véritable granite, comparable au *natrongranite* de la région de Kristiania. Ces syénites ont généralement la structure de la nordmarkite de M. Brögger; elles en diffèrent essentiellement par l'absence de mica, l'existence de l'ægyrine comme seul pyroxène.

» Dans les gisements de la baie de Passandava, ces granites et syénites alcalines sont accompagnés de roches à néphéline comme en Norvège; le nombre des échantillons recueillis dans les deux autres régions est si faible qu'il n'est pas possible de tirer de conclusion de l'absence de roches similaires dans les collections étudiées.

» En terminant je signalerai un nouveau gisement de granite à riebeckite: j'ai observé cette roche dans une ancienne collection rapportée de l'Yémen par Botta ([1]); elle a été recueillie par ce voyageur dans les ravins du mont Saber.

» L'orthose de ces roches est faculée d'albite; la riebeckite est accompagnée d'un peu d'ægyrine, de biotite, de fluorine, de zircon et de pyrochlore.

» La présence d'un granite à riebeckite dans l'Yémen présente un intérêt

---

([1]) *Bulletin de la Société de Géographie de Paris*, t. XII, p. 369; 1839.

exceptionnel par suite de l'existence de cette même roche à l'île de Socotra. J'ai en outre signalé récemment des rhyolites à riebeckite et ægyrine dans le pays des Somalis; des trachytes renfermant les mêmes minéraux sont connus en Abyssinie; il semble donc que l'extrémité orientale de l'Arabie et la région voisine du continent africain constituent une province pétrographique riche en roches alcalines sur lesquelles il y a lieu d'appeler l'attention des pétrographes et des géologues voyageurs. »

GÉOLOGIE. — *Sur le Gothlandien de la presqu'île de Crozon (Finistère).* Note de M. **F. Kerforne**, présentée par M. de Lapparent.

« Le gothlandien du massif armoricain a été divisé de la façon suivante :

» 1. Phtanites de l'Anjou à *Rastrites* et *Mon. lobiferus* M'Coy.

» 2. Ampélites à *Mon. priodon* Br., parmi lesquelles celles de Poligné à *Diplograptus* sont inférieures.

» 3. Calcaires ampéliteux et schistes à nodules; ce niveau ne pouvant se distinguer du précédent que parce qu'il lui est stratigraphiquement supérieur. Cette zone appartiendrait encore à l'étage de Wenlock et rien en Bretagne ne représenterait jusqu'ici l'étage de Lindlow (1).

» Nos études dans la presqu'île de Crozon nous ont permis de compléter ces résultats et de reconnaître que le gothlandien est beaucoup mieux représenté en Bretagne qu'on ne le pensait.

» Le niveau des *schistes* à *Rastrites,* représenté dans le massif armoricain : 1° par les phtanites de l'Anjou à *Rastrites peregrinus* Barr.; *Mon. lobiferus* M'Coy, etc., et 2° par les ampélites de Poligné à

» *Cephalograptus folium* His.; *Diplograptus palmeus* Barr.; *Monograptus convolutus var. spiralis* Gein.; *Monograptus densus* Pern. (*M. priodon auctorum*); *Monograptus exiguus* Nich.; *Monograptus continens* Törnq.; paraît ne pas exister dans le Finistère; il en est de même du niveau de Fenguerolles et d'Andouillé à *Monograptus Jaekeli* Perner et *Retiolites Geinitzi* Barr. qui lui est supérieur. Le premier niveau fossilifère de la presqu'île de Crozon, représenté par des ampélites, succédant à quelques mètres (10^m au plus) de grès azoïque, contient :

» *Cyrtograptus sp.; Monograptus priodon* Br.; *Monograptus riccartonensis* Lapw.; *Monograptus vomerinus* Nich.; *Monograptus dubius* Suess.

» Au-dessus viennent des schistes ampéliteux dans lesquels nous avons trouvé :

» *Monograptus colonus* Barr.; *Monograptus Nilssoni* Barr.; *Hyolithes simplex*

(1) Ch. Barrois, *Ann. Soc. géol. Nord*, t. XX, p. 137; 1892.

Barr.; *Cardiola interrupta* Sow.; *Cardiola migrans* Barr.; *Aptychopsis primus* Barr.; etc.

» Cette dernière zone appartient au Ludlow ainsi que les couches qui lui succèdent; ce sont des schistes avec petits bancs de quartzite et nodules silico-argileux, souvent pyriteux, contenant :

» *Monograptus Salweyi* Lapw.; *Entomis migrans* Barr.; *Bolbozoe anomala* Barr.; *Bolbozoe bohemica* Barr.; *Cardiola migrans* Barr.; *Cardiola gibbosa* Barr.; *Rhynchonella minerva* Barr.; etc.

» Puis viennent des schistes avec nodules calcaires, noirs, volumineux, contenant avec de nombreux *Orthoceras* :

» *Monograptus clavulus* Pern.; *Monograptus ultimus* Pern.; *Cardiola interrupta* Sow.; *Cardiola bohemica* Barr.; *Cardiola extrema* Barr.; *Cardiola migrans* Barr.; *Cardiola gibbosa* Barr.; *Cardiola cf. virgula* Barr.; et de nombreux Lamellibranches de e^2 de Bohême.

» Viennent ensuite des schistes avec bancs de quartzite, contenant des nodules plats, siliceux, souvent calcarifères, et quelquefois même des petits bancs lenticulaires noduliformes d'un calcaire bleuâtre. Nous y avons trouvé :

» *Bolbozoe bohemica* Barr.; *Modiolopsis senilis?* Barr.; *Posidonomya eugyra* Barr.; *Goniophora reductans* Barr.; *Orthoceras cf. originale* Barr.; *Lingula cf. Lewisi* Sow.

» Ces schistes et quartzites supérieurs passent insensiblement aux *schistes et quartzites de Plougastel* (dévonien).

» Nous reconnaissons donc dans le gothlandien du massif armoricain la présence de sept zones graptolitiques distinctes et d'une zone supérieure. Les deux premières appartiennent au niveau des *schistes à Rastrites;* les deux suivantes au niveau des *schistes à Cyrtograptus* (*Wenlock*), les autres au niveau de *Ludlow*. Nous pensons qu'il sera possible par la suite de préciser encore ces niveaux et de reconnaître de nouvelles subdivisions. »

PHYSIOLOGIE. — *Influence de la température sur la fatigue des nerfs moteurs de la grenouille*. Note de M. J. Carvallo [1], présentée par M. A. Chauveau.

« Si, comme on l'admet généralement, les nerfs sont, en réalité, infatigables, si ces appareils ne dépensent rien ou presque rien sous l'influence de l'excitation et s'ils peuvent mettre en activité les organes qu'ils innervent sans devenir le siège de phénomènes chimiques importants,

---

(1) Travail du Laboratoire des travaux pratiques de Physique biologique de la Faculté de Médecine de Paris.

nous ne voyons pas de raisons pour que les variations de la température extérieure modifient la marche de l'influx nerveux, pourvu que ces variations restent dans les limites compatibles avec l'intégrité anatomique des tissus.

» On verra par nos expériences que, contrairement à cette hypothèse, la température a une influence considérable sur l'activité des nerfs moteurs.

» Lorsqu'on compare la durée totale de la fatigue de l'appareil nervo-musculaire terminal, obtenue par l'excitation directe du nerf, le muscle restant toujours à la même température et le nerf passant de 0° à 20° par exemple, on s'aperçoit tout de suite que plus la température du nerf est élevée, plus la courbe de fatigue se prolonge. En effet, si l'on prend le train postérieur d'une grenouille et si l'on prépare de la même façon la patte droite et la patte gauche afin d'obtenir la courbe de fatigue du muscle gastrocnémien par l'excitation du nerf sciatique, on constate, en mettant le nerf d'une des pattes à 20°, l'autre à 0°, les deux muscles se trouvant dans les deux cas à la même température, que la durée totale de la période de fatigue est beaucoup plus longue dans le premier cas que dans le second. Nous avons cherché dans ces expériences à mettre les deux nerfs dans des conditions de travail à peu près identiques et à éliminer toute cause d'erreur. Pour cela nous avons pris une excitation voisine de celle qui provoque la secousse minima à la fermeture. De cette façon nous avions des excitations à la rupture, largement suffisantes à donner la secousse maxima du muscle. La fréquence avec laquelle se succédaient les excitations était plutôt lente, une toutes les cinq secondes. D'autre part, les deux muscles se trouvaient chargés par le même poids. Finalement, le nerf et le muscle étaient chacun enfermé dans une gouttière métallique dont on maintenait la température constante à l'aide d'un courant d'eau ou bien en l'entourant complètement de glace. Ces deux gouttières étaient séparées par une cloison verticale, mauvaise conductrice de la chaleur, placée au niveau de l'articulation du genou. Un thermomètre mis à côté du muscle et un autre à côté du nerf nous renseignaient sur les variations de température de ces deux organes pendant toute la durée de l'expérience. C'est ainsi que nous avons observé que les nerfs dont la température est élevée se montrent invariablement beaucoup plus actifs que les nerfs dont la température est basse. Toutefois, malgré la constance de ces résultats, on peut attribuer ces différences aux écarts d'excitabilité existant

entre une patte et l'autre. Pour trancher définitivement la question nous avons fait l'expérience suivante :

» Le nerf sciatique d'une patte de grenouille, séparée du corps, est placé à la température de 20°. Lorsque les thermomètres indiquent la température voulue on commence les excitations du nerf. Au bout d'un temps relativement court on voit les secousses devenir très irrégulières, puis disparaître finalement. Si à ce moment on verse quelques gouttes d'eau chaude sur la glace, le nerf reprend immédiatement son excitabilité et ceci d'une manière d'autant plus nette que sa température se rapproche davantage de 20°. En attendant la température du muscle n'a pas varié de cinq dixièmes de degré et dans la plupart des cas la reprise du nerf est telle qu'il peut donner une nouvelle courbe de fatigue aussi haute et aussi longue que la première. Ainsi donc, comme nous le pensions, l'activité des nerfs croît avec la température, puisqu'un nerf fatigué à 0° peut reprendre son excitabilité aussitôt qu'on le chauffe.

» Ce premier point étant acquis, nous nous sommes attaché à déterminer l'optimum thermique de l'activité nerveuse. Après bien des tâtonnements, nous sommes arrivé à réunir dans une seule expérience les diverses phases par lesquelles passe l'activité nerveuse en fonction de la température de 0° à 30°. Le nerf sciatique transporté rapidement, après fatigue de 0° à 5°, de 5° à 10°, de 10° à 20°, de 20° à 25°, de 25° à 30°, le muscle restant toujours dans la glace, présente des accroissements successifs d'excitabilité jusqu'à la température de 20°, accroissements qui cessent complètement au delà de cette limite.

» Finalement voici un phénomène très curieux qui prouve incontestablement que non seulement les nerfs se fatiguent aux basses températures, mais qu'ils peuvent se réparer par suite de l'échauffement : c'est le fait qu'un nerf fatigué à 0°, chauffé à 20°, puis revenu de nouveau à 0° donne à cette température une nouvelle courbe de fatigue. »

PHYSIOLOGIE COMPARÉE. — *Sur les fonctions de la tige cristalline des Acéphales*. Note de M. **Henri Coupin**, présentée par M. Edmond Perrier.

« Peu d'organes ont été, autant que la tige cristalline des Acéphales, l'objet d'hypothèses différentes. Cette tigelle anhyste a été considérée, en

effet, suivant les auteurs, tantôt comme un appareil copulateur, tantôt comme un organe de soutien pour la masse viscérale, un manubrium destiné à agiter les matières nutritives contenues dans l'estomac, une substance de réserve, un suc digestif, etc.

» Toutes ces hypothèses étaient absolument gratuites et, pour résoudre la question, des expériences étaient nécessaires. Je les ai entreprises en prenant comme type la tige cristalline du *Cardium edule*.

» Tout d'abord, il y a lieu évidemment de ne s'arrêter que sur les deux hypothèses qui font de la tige cristalline, tantôt une matière de réserve, tantôt un suc digestif.

» Des recherches chimiques montrent que la tige ne contient pas de sucres, ni de matières grasses, et seulement des traces de matières albuminoïdes. Ce n'est donc pas une matière de réserve. Des pesées montrent d'ailleurs qu'une tige de *Cardium* ne pèse, en moyenne, que $0^{gr},031$ et qu'elle contient 87 pour 100 d'eau. Le poids de la matière sèche n'est que de $0^{gr},004$, quantité évidemment insignifiante, en tant que substance de réserve, pour un animal aussi volumineux que le Cardium.

» La tige cristalline est-elle donc un suc digestif? Les expériences suivantes, prises entre beaucoup d'autres et faciles à répéter, vont le montrer surabondamment.

» *a*. Des tigelles cristallines sont isolées, puis lavées sous un filet d'eau. On les met ensuite dans de l'eau douce ou dans de l'eau de mer où elles se dissolvent lentement. Au bout de quatre heures environ, la dissolution est achevée; on verse le liquide dans un ballon contenant de l'empois d'amidon. Quelques heures après, au moyen de la liqueur de Fehling, on constate déjà la présence du glucose. La proportion de celui-ci ne fait ensuite qu'augmenter. Cette expérience montre que : 1° les tigelles sont solubles dans l'eau et que, pour expliquer la corrosion de l'extrémité plongée dans l'estomac, il est inutile d'invoquer l'action du suc gastrique : l'eau de mer contenue dans l'estomac suffit à l'expliquer; 2° les tigelles contiennent en grande abondance de l'amylase (¹) qui transforme l'amidon en glucose.

» *b*. Des tigelles sont lavées comme précédemment, dissoutes et mises dans une solution de saccharose. Au bout de vingt-quatre heures on constate, dans le liquide, la présence du glucose. Les tiges contiennent donc de la sucrase, susceptible d'intervertir le saccharose. Cette sucrase est d'ailleurs en quantité beaucoup moins considérable que l'amylase.

(¹) L'amylase paraît surtout abondante dans les couches externes de la tige cristalline.

» *c*. Des expériences faites avec des cubes de blanc d'œuf ne m'ont pas permis de déceler la présence de la pepsine ni de la trypsine.

» On peut donc conclure, de ces expériences, que *la tige cristalline des Acéphales est un suc digestif, une sorte de* comprimé *de diastases, contenant beaucoup d'amylase et un peu de sucrase, le tout noyé dans une matière muqueuse,* laquelle a sans doute pour but d'empêcher la trop rapide dilution de la tige dans l'eau de mer contenue dans l'estomac, et peut-être aussi d'agglutiner les matières solides qui flottent dans celui-ci ([1]). »

PHYSIOLOGIE. — *Topographie de la sensibilité gustative de la bouche.* Note de MM. **Ed. Toulouse** et **N. Vaschide**, présentée par M. Marey.

« Nous avons étudié avec notre méthode ([2]) la topographie de la sensibilité gustative de la bouche sur vingt-quatre hommes (infirmiers) et sur trente et une femmes (infirmières) âgés en moyenne de 23 ans à 30 ans. Les expériences sur l'isthme du gosier n'ont pu, en raison de leur difficulté, être poursuivies que sur quatre hommes et sept femmes. Nous résumons le résultat de nos observations dans le Tableau suivant. Voici nos conclusions :

» 1° Toutes les parties de la muqueuse buccale peuvent avoir des sensations gustatives. Toutefois les lèvres, les gencives, les joues, les dents, le plancher de la bouche, la voûte du palais ne perçoivent que les sensations acides. Comme ces parties ne sont pas innervées par des nerfs sensoriels, on peut se demander si la sensation d'acide est une véritable saveur ou bien une modalité de la sensibilité tactile. Les saveurs salées, sucrées et amères sont perçues par les autres parties de la muqueuse buccale et notamment par la langue et l'isthme du gosier, qui constituent à eux deux l'organe du goût.

» Le bord et la face supérieure de la langue sont plus sensibles que la face inférieure et le frein. Il est à remarquer que, sur la face postérieure

---

([1]) Les faits sur lesquels je viens d'appeler l'attention, quoique de nature physiologique, ont aussi un intérêt morphologique; ils montrent que la tige cristalline n'est pas une radula transformée, comme on l'a dit quelquefois, mais le produit de sécrétion d'une simple glande salivaire.

([2]) *Comptes rendus*, 9 mars 1900.

de la langue, la ligne médiane sent moins que les parties latérales. Le voile du palais est moins sensible que la langue. Il est intéressant de noter que les amygdales sont sensibles aux quatre saveurs.

Topographie de la sensibilité gustative de la bouche.

(L'acuité de la perception est représentée par le titre des solutions.)

Régions explorées de la cavité buccale.			Saveurs. Salées. — Chlorure de sodium.	Sucrées. — Saccharose.	Amères. — Dibromhydrate de quinine.	Acides. — Acide acétique.
Lèvres sup. et inf. (Face muq.).		Partie externe.	»	»	»	»
		Partie interne.	»	»	»	Ac. acét. pur
Muqu. gingivale (Arc. sup. et inf.)		Partie externe.	»	»	»	Ac. acét. pur
		Partie interne.	»	»	»	Ac. acét. pur
Muqueuse des joues			»	»	»	Ac. acét. pur
Langue.	Bord.	Tiers antér.	1 pour 100	1 pour 1000	1 pour 10000	1 pour 10000
		Tiers moyen	2 pour 100	1 pour 100	1 pour 1000	1 pour 1000
		Tiers postér.	3 pour 100	1 pour 100	1 pour 10000	1 pour 1000
	Ligne médiane.	Tiers antér.	3 pour 100	1 pour 1000	1 pour 1000	1 pour 1000
		Tiers moyen	1 pour 10	1 pour 10	1 pour 1000	1 pour 100
		Tiers postér.	1 pour 10	1 pour 10	1 pour 1000	1 pour 100
	Face supérieure.	Tiers antér.	9 pour 1000	1 pour 1000	1 pour 10000	1 pour 1000
		Tiers moyen	1 pour 10	1 pour 100	1 pour 10000	1 pour 1000
		Tiers postér.	1 pour 10	1 pour 100	1 pour 100000	1 pour 100
	Face inférieure		Chl. de sod. pur	1 pour 10	1 pour 1000	1 pour 100
	Frein		Chl. de sod. pur	Sacc. pure	Dibr. de quin. pur	1 pour 100
Plancher de la bouche			»	»	»	1 pour 10
Voûte du palais			»	»	»	Ac. acét. pur
Voile du palais.	Face antérieure		1 pour 10	1 pour 100	1 pour 10000	1 pour 100
	Face postérieure		1 pour 10	1 pour 100	1 pour 10000	1 pour 1000
	Luette.	(Face antér.)	Chl. de sod. pur	1 pour 10	1 pour 1000	1 pour 1000
	Piliers antérieurs.	Face antér.	1 pour 10	1 pour 1000	1 pour 1000	1 pour 100
		Face postér.	Chl. de sod. pur	1 pour 100	1 pour 100	1 pour 100
	Piliers postérieurs.	Face antér.	Chl. de sod. pur	1 pour 10	1 pour 100	1 pour 10
		Face postér.	Chl. de sod. pur	1 pour 10	1 pour 10	Ac. acét. pur
	Amygdales		Chl. de sod. pur	1 pour 10	Dibr. de quin. pur	1 pour 100
	Epiglotte	(Face antér.)	»	Sacc. pure	1 pour 100	1 pour 10

» 2° Si, contrairement à l'opinion d'un grand nombre d'auteurs, la langue et *chacune de ses papilles* et aussi l'isthme du gosier nous ont paru

percevoir toutes les saveurs, il n'en est pas moins vrai que ces territoires anatomiques sentent mieux certaines saveurs que d'autres. C'est ainsi que le tiers antérieur de la langue sent mieux le salé, le sucré et l'acide et que la base sent mieux l'amer; de même, dans l'isthme du gosier, c'est le voile lui-même qui sent le mieux le salé et l'amer.

» 3° Il résulte de ces expériences que la partie antérieure de la langue, qui est innervée par le lingual, et la partie postérieure ainsi que l'isthme du gosier, qui sont innervés par le glosso-pharyngien, ont à des degrés divers les mêmes fonctions. Ce fait physiologique rend vraisemblable l'opinion de Carl, Urbantschitsch et Mathias Duval, d'après laquelle un nerf unique, le glosso-pharyngien, présiderait à ces fonctions semblables, en innervant, par des filets directs, la base de la langue et l'isthme du gosier et, par des fils indirects passant par la corde du tympan et le lingual, la pointe de la langue. »

M. J. Massau adresse le 1er fascicule d'un « Mémoire sur l'intégration graphique des équations aux dérivées partielles : Intégration fausse; intégration par les caractéristiques; mouvement varié des eaux courantes; mascaret ».

M. Maurice Lévy présente, au sujet de ce Mémoire, les observations suivantes :

» Dans une Note de M. Coulon, insérée au dernier numéro des *Comptes rendus*, et intitulée : « Sur les caractéristiques des équations aux dérivées partielles et le principe d'Huygens », l'auteur observe que la propagation d'une discontinuité, dans un mouvement régi par un système d'équations aux dérivées partielles, ne peut se faire que suivant les surfaces caractéristiques.

» Cette observation se trouve précisément développée, avec d'intéressantes applications au mouvement des eaux courantes et au mascaret, dans le Mémoire de M. Massau, Mémoire paru en autographie en 1899 [1]. »

M. Pierre Landes adresse un projet « d'un bateau qui remonte les fleuves par la résistance du courant ».

---

[1] Gand, imprimerie Meyer Van Loo, 1899. — Paris, librairie Hermann.

M. **E. Ducretet** adresse une Note relative à la méthode et aux procédés radiotéléphoniques de M. *Popoff*.

A 4 heures un quart l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 4 heures et demie.

M. B.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans la séance du 30 avril 1900.

Le fluor et ses composés, par M. Henri Moissan, de l'Institut. Paris, G. Steinheil, 1900; 1 vol. in-8°. (Hommage de l'Auteur.)

Cartes agronomiques et situation agricole du canton de Redon, par M. Lechartier, avec le concours de M. du Halgouet. Rennes, 1900. Texte, 1 fasc. in-8° et huit Cartes hors texte.

Cinquantenaire de la Société de Biologie. Volume jubilaire publié par la Société. Paris, Masson et Cie, 1899; 1 fasc. gr. in-8°. (Présenté par M. Bouchard.)

Description des machines et procédés pour lesquels des brevets d'invention ont été pris sous le régime de la loi du 5 juillet 1844, publiée par les ordres de M. le Ministre du Commerce et de l'Industrie; t. XCV, 1re, 2e et 3e Parties. Paris, Imprimerie nationale, 1900; 3 vol. in-8°.

Récréation arithmétique sur les mouvements des aiguilles d'une montre, par Prosper de Lafitte. Agen, 1900; 1 fasc. in-8°. (Hommage de l'Auteur.)

La transmutation des métaux..., par Théodore Tiffereau. Paris, chez l'Auteur, 1900; 1 fasc. in-8°. (Hommage de l'Auteur.)

Bulletin de la Société mathématique de France; t. XXVIII, fasc. 1. Paris, 1900; 1 fasc. in-8°.

Mémoires de la Société zoologique de France; année 1899, t. XII. Paris, 1899; 1 vol. in-8°.

Annales de la Société académique de Nantes et du département de la Loire-Inférieure; vol. X de la 7e série, 1899. Nantes; 1 vol. in-8°.

Bulletin de la Société industrielle de Rouen; 28e année, n° 1, janvier-février 1900. Rouen; 1 fasc. in-8°.

Compagnie des Chemins de fer du Midi. Assemblée générale des actionnaires du 3 avril 1900, présidence de M. Léon Aucoc. *Rapport du Conseil d'Administration.* Paris, 1900; 1 fasc. petit in-4°.

Geschichte der Königlich preussischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin, im Auftrage der Akademie bearbeitet von Adolf Harnack. Berlin, 1900; 4 vol. petit in-4°.

Flora Batava. Aflev. 325-328. Haarlem, 1899; 4 fasc. in-4°.

Mémoire sur l'intégration graphique des équations aux dérivées partielles, par J. Massau. Gand, F. Meyer Van Loo, 1899; 1 fasc. in-4°.

On the mechanical principles of flight, by the Rt. hon. Lord Rayleigh. (Manchester Memoirs, vol. 44, Part. II, 1899; n° 5.) 1 fasc. in-8°.

ERRATA.

(Séance du 23 avril 1900.)

Note de M. *Gruey,* Sur les termes complémentaires du criterium de Tisserand :

Page 1112, au dernier terme de l'équation (11), *au lieu de*

$$-\frac{2'}{p'}(\cos\zeta'_1 - \cos\zeta'_0),$$

lisez

$$-\frac{2e'}{p'}(\cos\zeta'_1 - \cos\zeta'_0).$$

Note de MM. *A. Blondel* et *G. Dobkévitch,* Sur la sensibilité maxima des cohéreurs employés pratiquement dans la Télégraphie sans fils :

Page 1123, ligne 18 et suiv., rétablir la phrase comme suit :

» Bien que le phénomène ait une apparence magnétique, nous *l'*expliquons par une simple cause mécanique, l'augmentation *de la pression* au contact entre les limailles, etc.

COMPTES RENDUS

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 7 MAI 1900,

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE LÉVY.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce à l'Académie la perte regrettable qu'elle vient de faire dans la personne de M. *E. Grimaux*, Membre de la Section de Chimie, décédé le 5 mai 1900.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Preparation des éthers β-alcoyloxy-α-cyanocrotoniques* $CH^3 - COR = C\left\langle\begin{matrix}CAz\\CO^2C^2H^5\end{matrix}\right.$, *isomères des éthers acétoalcoylcyanacétiques* $CH^3CO - C\left\langle\begin{matrix}CAz\\R\end{matrix}\right. - CO^2C^2H^5$. Note de M. **A. Haller**.

« Dans un ensemble de recherches faites seul ou en collaboration avec M. Held, j'ai montré que l'introduction de radicaux acides dans les éthers cyanacétiques avait pour effet de donner naissance à une nouvelle série de

corps à fonction acide particulière, qui rentrent dans la classe de composés auxquels j'ai donné le nom d'*acides méthiniques* (¹). Certains modes de formation de ces corps (action des chlorures acides sur les éthers cyanacétiques sodés) et un ensemble de propriétés m'ont conduit à leur attribuer la formule de constitution

$$CH^3COCH(CAz)CO^2C^2H^5,$$

l'acidité de la molécule étant déterminée par l'accumulation des radicaux négatifs CO, CAz et $CO^2C^2H^5$ dans le méthane.

» Le complexe $-CO-CH(CAz)-$ de ces molécules étant identique avec celui qui existe dans le camphre cyané $C^8H^{14}\left\langle\begin{matrix}CHCAz\\ |\\ CO\end{matrix}\right.$, avec lequel j'ai préparé jadis les éthers énoliques (²) $C^8H^{14}\left\langle\begin{matrix}C-CAz\\ \|\\ COR\end{matrix}\right.$, et en collaboration avec M. Minguin (³), deux dérivés méthylés isomères, l'un ayant la forme énolique et l'autre la constitution $C^8H^{14}\left\langle\begin{matrix}C\left\langle\begin{matrix}CH^3\\ CAz\end{matrix}\right.\\ |\\ CO\end{matrix}\right.$, il devenait intéressant de rechercher comment se comporteraient les éthers acétocyanacétiques vis-à-vis des iodures alcooliques.

» Bien qu'un essai ait déjà été fait sans succès par M. Held (⁴), nous avons d'abord chauffé en tubes scellés de l'acétylcyanacétate d'éthyle avec de l'alcool sodé et des iodures alcooliques. Par analogie avec ce qui se passe avec le camphre cyané, nous nous attendions à avoir soit l'une ou l'autre des formes représentées par les équations I et II, soit les deux à la fois :

$$\text{I.}\quad CH^3COCNa(CAz)CO^2C^2H^5 + RI = CH^3COCR(CAz)-CO^2C^2H^5 + NaI,$$

$$\text{II.}\quad CH^3CONa=C\left\langle\begin{matrix}CAz\\ CO^2C^2H^5\end{matrix}\right. + RI = CH^3COR=C\left\langle\begin{matrix}CAz\\ CO^2C^2H^5\end{matrix}\right. + NaI.$$

(¹) *Comptes rendus*, t. CXX, p. 1193.
(²) *Ibid.*, t. CXV, p. 97.
(³) *Ibid.*, t. CXVIII.
(⁴) *Thèse de Doctorat ès Sciences*, Paris, p. 9 et 13; 1888.

» La réaction est en réalité plus complexe, et dans certaines conditions qu'il nous faut encore bien déterminer, elle semble s'effectuer suivant l'équation

$$CH^3COCH\begin{cases}CAz\\CO^2C^2H^5\end{cases} + C^2H^5ONa + RI$$

$$= CH^3COOC^2H^5 + \overset{\diagup CAz}{CHR} - CO^2C^2H^5 + NaI.$$

» Nous nous proposons de revenir sur cette réaction dans une autre Communication, plus tard.

» Nous devons ajouter que M. Held (¹) est parvenu à préparer les corps de la forme $CH^3.CO.C\begin{cases}CAz\\R\end{cases} - CO^2C^2H^5$, en faisant agir du chlorure de cyanogène sur les éthers alcoylacétoacétiques sodés

$$CH^3.CO.C\begin{cases}R\\Na\end{cases} - CO^2C^2H^5.$$

» *Action des iodures alcooliques sur l'éther acétylcyanacétique argentique.* — Pour arriver au résultat cherché, nous avons préparé le sel d'argent par double décomposition entre le dérivé sodé et l'azotate d'argent. Après l'avoir desséché dans l'obscurité et pulvérisé, nous l'avons mélangé avec un peu plus de la quantité théorique d'iodure d'éthyle et chauffé le tout au bain-marie, soit en tubes scellés, soit dans un ballon muni d'un appareil à reflux. Quand la partie solide eut pris la teinte uniformément jaune de l'iodure d'argent, on chassa l'excès d'iodure par distillation, et l'on épuisa le résidu au moyen de l'éther. Soumise à l'évaporation, la liqueur éthérée a abandonné des cristaux souillés d'une huile à odeur désagréable de carbylamine; on les a essorés et purifiés par une série de cristallisations dans l'éther. On obtint finalement des aiguilles blanches dont la composition répond à la formule $C^8H^{11}AzO^3$. Ce corps fond à 76°. Il est soluble dans l'alcool, le benzène, très soluble dans le chloroforme, insoluble dans l'eau et la potasse aqueuse. Cette insolubilité dans les alcalis montre bien que la fonction acide méthinique a disparu. Si on le traite par une solution alcoolique de potasse, il se dissout et au bout d'un instant le tout se prend en masse avec dégagement de chaleur. Le produit se dissout ensuite inté-

(¹) *Loc. cit.*

gralement dans l'eau et la solution, acidulée par de l'acide sulfurique étendu, se trouble et donne un corps huileux qu'on enlève à l'éther. Par évaporation, on obtient une huile qui, amorcée avec un cristal d'éther acétylcyanacétique, se prend en une masse de cristaux fondant, après purification, à 28°, point de fusion de l'éther acétylcyanacétique. Lorsqu'on soumet le corps $C^8H^{11}AzO^3$ à l'action de l'acide chlorhydrique, il se décompose en chlorure d'éthyle qu'on a recueilli et caractérisé, et en éther acétylcyanacétique fondant à 26°-27° et soluble dans les alcalis. Toutes ces réactions, qu'on peut traduire par les équations

$$CH^3.COC^2H^5 = C\langle{}^{CAz}_{CO^2C^2H^5} + KHO = CH^3.COK = C\langle{}^{CAz}_{CO^2C^2H^5} + C^2H^5OH,$$

$$CH^3.COC^2H^5 = C\langle{}^{CAz}_{CO^2C^2H^5} + HCl = CH^3.COH = C\langle{}^{CAz}_{CO^2C^2H^5} + C^2H^5Cl,$$

font de ce corps un éther β-*éthoxy-α-cyanocrotonique*, isomère de l'éther $CH^3.COC\langle{}^{CAz}_{C^2H^5} - CO^2C^2H^5$, lequel, traité par la potasse, se scinde en acétate de potasse, alcool, ammoniaque et butyrate de potasse, comme l'a montré M. Held. Une autre particularité de notre éther, c'est la façon dont il se comporte vis-à-vis de l'ammoniaque. Quand on l'agite avec une solution aqueuse d'ammoniaque, les cristaux changent peu à peu d'aspect, deviennent granuleux, en même temps que la masse s'échauffe. Purifiés par cristallisation dans l'alcool, le nouveau corps se présente sous la forme de petits cristaux prismatiques fondant à 188°. Il est identique avec celui obtenu, dans la proportion de 1 à 1,5 pour 100, par M. Held (*loc. cit.*) en faisant agir l'ammoniaque sur l'éther acétylcyanacétique.

» Ce corps constitue un éther β-*amido-α-cyanocrotonique*.

» Nous avons obtenu des homologues du corps $C^8H^{11}O^3Az$ en substituant dans la préparation, à l'iodure d'éthyle, les iodures de méthyle, de propyle, d'isobutyle et du chlorure de benzyle.

» Le *méthoxycyanocrotonate de méthyle* $CH^3.COCH^3 = C\langle{}^{CAz}_{CO^2C^2H^5}$ constitue de fines aiguilles fondant à 134°, solubles dans la plupart des solvants organiques et insolubles dans l'eau.

» Le *propyloxycyanocrotonate d'éthyle* $CH^3.COC^3H^7 = C\langle{}^{CAz}_{CO^2C^2H^5}$ se présente sous la forme d'aiguilles fondant à 85°-86°.

» L'*isobutyloxycyanocrotonate d'éthyle* $CH^3.COC^4H^9 = C\begin{smallmatrix}\diagup CAz \\ \diagdown CO^2C^2H^5\end{smallmatrix}$ fond à 94°.

» Le benzyloxycyanocrotonate d'éthyle $CH^3.COC^7H^7 = C\begin{smallmatrix}\diagup CAz \\ \diagdown CO^2C^2H^5\end{smallmatrix}$ fond à 113°.

» *En résumé*, le dérivé argentique de l'éther acétylcyanacétique, soumis à l'action des iodures alcooliques, donne naissance à des éthers oxydes particuliers dont les propriétés répondent nettement à celles de corps à fonction éther énolique, et non à celles de molécules à fonction méthinique, cétonique, comme la genèse des éthers acétocyanacétiques dont ils dérivent pouvait le faire supposer. La présence, dans ces derniers, des deux radicaux négatifs $CAz, CO^2C^2H^5$ a donc pour effet de favoriser la *tautomérie* de la molécule et de changer le groupement cétonique en groupement énolique, dans les conditions où nous avons opéré. Ce fait est en concordance parfaite avec ce que nous avons observé avec le camphre cyané et avec les considérations émises par M. Claisen sur la tautomérie de certaines molécules.

» Les résultats que nous venons d'exposer nous amènent naturellement à nous demander si l'éther acétocyanacétique et ses analogues existent réellement à l'état libre sous la forme $R.CO.\overset{\diagup CAz}{C}H.CO^2C^2H^5$, justifiée par leur synthèse, ou bien si, aussitôt préparés, ils ne subissent pas une transposition moléculaire qui en ferait des éthers β-*oxy*-α-*cyanocrotoniques*. On peut aussi se demander si cette transposition ne s'opère que lorsqu'on fait passer au préalable ces éthers acides par leurs combinaisons salines?

» Ce problème ne peut être résolu que par des méthodes physiques et, en particulier, par celle des pouvoirs réfringents ou par celle des pouvoirs rotatoires magnétiques.

» Nous nous proposons de faire ces mesures et d'en communiquer les résultats à l'Académie. »

CHIMIE AGRICOLE. — *Des terres arables du canton de Redon au point de vue de l'acide phosphorique*. Par M. G. **Lechartier**.

« Tous les terrains sur lesquels repose la couche arable dans le canton de Redon sont granitiques ou appartiennent au précambrien et au silurien,

c'est-à-dire aux formations sédimentaires les plus anciennes. Ils sont indiqués généralement comme pauvres en acide phosphorique et la culture leur consacre chaque année des quantités considérables de phosphates fossiles. Cependant, nous avons constaté que la teneur de la couche arable en acide phosphorique y dépasse souvent un millième, proportion que l'on considère ordinairement comme caractérisant les terres qui n'exigent des apports de phosphates que dans la mesure nécessaire à la restitution des quantités enlevées par les récoltes.

» Sur la moitié de la superficie du canton de Redon, le sol cultivé contient une proportion d'acide phosphorique supérieure à un millième. Les terres appartenant à ces différentes formations géologiques ne se comportent pas exactement de la même manière.

Acide phosphorique contenu dans 100 parties de terre.

	Minima.	Moyenne.	Maxima.
Granit	0,47	0,87	1,47
Précambrien	0,37	0,90	1,63
Grès armoricain	0,24	0,57	1,13
Schistes d'Angers	0,23	1,04	2,27
Schistes et grès de Poligné	0,21	1,05	2,53
Alluvions	0,67	1,24	1,93

» Le grès armoricain se signale par sa pauvreté en acide phosphorique, et pour les *neuf dixièmes des terres* qu'il a contribué à former, on trouve moins d'un millième d'acide phosphorique.

» Le terrain granitique et le précambrien se comportent à peu près de la même manière et se suivent dans leurs moyennes et dans les limites extrêmes. Les schistes d'Angers et les schistes de Poligné se distinguent par une plus grande richesse.

» Nous avons évalué pour chaque terrain, en fraction de la surface totale qu'il occupe dans le canton, la superficie des sols ayant une richesse égale ou supérieure à un millième.

Granit	36 centièmes.
Précambrien	40 »
Schistes d'Angers	66 »
Schistes et grès de Poligné	63 »
Alluvions	63 »

» Ajoutons que le sol arable du canton contient de fortes proportions de pierres et de graviers qui constituent une matière inerte au milieu de

la terre fine; en sorte que, si l'on ne considérait que cette dernière, les proportions précédentes seraient notablement augmentées.

» Cette situation n'est pas le résultat d'un apport de phosphates fossiles. Pour s'en rendre compte, il suffit de considérer :

» 1° Les terres de landes ou de bois qui n'ont jamais reçu de phosphates fossiles;

» 2° Les défrichements effectués depuis 1852 et qui ont été mis en valeur à l'aide des phosphates fossiles;

» 3° Les vieilles terres réputées de bonne qualité cultivées de temps immémorial sans addition d'engrais phosphatés.

	Terres à l'état de landes ou de bois.	Terres défrichées depuis 1852.	Vieilles terres cultivées sans addition de phosphates.
Granit	0,88	0,66 à 0,77	»
Précambrien	0,68 à 0,74	0,65 à 0,80	0,50 à 1,40
Grès armoricain	0,24 à 0,36	0,35 à 0,70	»
Schistes d'Angers	»	0,23 à 2,17	0,79 à 1,84
Schistes et grès de Poligné	0,11 à 1,45	0,48 à 1,48	0,57 à 1,22

» Depuis 1852 des défrichements considérables ont été pratiqués. Les terres labourées et les prairies occupent actuellement la majeure partie du canton. Les landes de qualité inférieure ont été plantées de bois actuellement en exploitation. Il n'existe plus de landes que dans les points où la roche compacte venant affleurer le sol rend toute culture impossible.

» Les terres dont la mise en culture est antérieure à l'emploi des noirs et des phosphates fossiles sont les plus fertiles et les plus riches en acide phosphorique, qu'elles reçoivent ou non des additions d'engrais phosphatés. C'est au milieu de ces terres que les villages ont été bâtis sur les schistes du silurien.

» Enfin, les roches que l'on rencontre dans les graviers de la terre arable, schistes et grès, contiennent des quantités d'acide phosphorique comparables à celles qui existent dans la terre fine. Nous avons analysé soixante-cinq échantillons de ces roches appartenant aux diverses assises géologiques du canton de Redon, et nous avons constaté qu'il existe des champs où le gravier est plus riche en acide phosphorique que la terre fine. Voici les résultats obtenus pour les schistes, pour les grès et pour le granit :

Granit	0,26 à 0,96

Schistes.

Précambrien	0,51 à 0,64
Schistes d'Angers	0,50 à 1,79
Schistes et grès de Poligné	0,35 à 2,40
Alluvions	0,56 à 0,67

Grès.

Précambrien	0,22 à 0,32
Grès armoricain	0,03 à 0,77
Schistes d'Angers	0,29 à 1,34
Schistes et grès de Poligné	0,32 à 2,14

» Toutes les terres provenant de ces divers terrains ne peuvent donc pas être signalées d'une manière générale comme pauvres en acide phosphorique; mais on peut dire qu'il existe souvent une grande inégalité entre des terres appartenant dans une même commune à la même formation géologique.

» Dans celle de Renac, pour les terres sur schistes et grès de Poligné, la quantité d'acide phosphorique varie de 0,21 à 2,53 pour 1000, c'est-à-dire dans la proportion de 1 à 12. Il existe des terres très pauvres et à côté d'elles se trouvent des sols qui seraient indiqués partout comme possédant une richesse supérieure à la moyenne. On doit ajouter que l'étendue des terres pauvres n'est pas la même pour toutes les formations géologiques; qu'elle est surtout considérable pour les sols à la constitution desquels a participé le grès armoricain, qu'elle diminue et devient voisine de $\frac{2}{5}$ pour les terres granitiques et précambriennes, que dans les sols schisteux du silurien moyen et du silurien supérieur elle ne représente que le tiers de la surface totale.

» Ces résultats nous paraissent devoir s'étendre au département d'Ille-et-Vilaine tout entier, au Morbihan et au reste de la Bretagne. Dans des terres granitiques de Louvigné-du-Désert, Château de Monthorin, nous avons trouvé 1,16 pour 1000 d'acide phosphorique. Dans des sols d'une même propriété, commune de Piré, sur schistes de Rennes appartenant au précambrien, les proportions d'acide phosphorique ont varié de 0,56 à 1,41.

» Dans le Morbihan, la majeure partie des terres existant encore à l'état de landes sont peu riches en acide phosphorique. Le plus souvent, les

nombres trouvés ont varié entre 0,20 et 0,80; cependant une lande de la commune de Mauron nous a donné 1,56 pour 1000. Les terres depuis longtemps en culture, et spécialement celles qui sont désignées avec le qualificatif de terres à blé, contiennent ordinairement plus d'un millième d'acide phosphorique. Un seul échantillon sur quinze a fourni 0,62 pour 1000.

» Ces faits nous expliquent comment des terres depuis longtemps en culture ont pu acquérir un bon état de fertilité avant l'intervention des engrais phosphatés. Ces faits définissent nettement la situation; mais il serait mauvais de les invoquer pour combattre l'emploi des engrais phosphatés dans les terres de Bretagne. Ils resteront toujours de première nécessité dans ces champs dont l'analyse a démontré la pauvreté en acide phosphorique. Même pour des terres qui en contiennent une proportion supérieure à un millième, nos expériences, de même que les essais faits par M. de Freslon en 1898-1899 sur la culture du blé dans une de ses métairies de la commune de Bains, montrent que les engrais phosphatés, même dans ce dernier cas, en terre chaulée et soumise à un assolement régulier, peuvent améliorer les récoltes de froment en qualité et en quantité et que les phosphates fossiles et les scories y produisent plus d'effet que les superphosphates. D'autre part, nous avons rencontré des terres appartenant aux limons et alluvions argilo-graveleuses d'Ille-et-Vilaine qui ne fournissent de supplément de récolte que par l'emploi des phosphates fossiles, alors qu'elles ne contenaient strictement qu'un millième d'acide phosphorique. Il en résulte que, si l'agriculteur doit écouter les enseignements généraux de la science et se laisser guider par les faits particuliers dont il est témoin dans son entourage, il ne doit pas négliger l'expérimentation directe pour tout ce qui concerne l'application économique des engrais aux terres de son exploitation. »

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Positions géographiques et observations magnétiques sur la côte orientale de Madagascar.* Note du P. **Colin**.

« J'ai profité de mon récent passage sur la côte orientale de Madagascar pour y relever quelques nouvelles positions géographiques et les éléments magnétiques absolus.

» 1. *Vatomandry*, 28 *février et* 1er *mars* 1900. — Au village de Vatomandry je déterminais la latitude par la méthode des hauteurs circumméridiennes du Soleil, et la longitude en échangeant l'heure locale avec celle

de Tananarive observatoire, au moyen de signaux télégraphiques sur la sonnerie. De part et d'autre, nous obtenions l'heure avec un théodolite par une série de hauteurs du Soleil.

» Le calcul des opérations astronomiques et magnétiques a fourni les résultats suivants :

Longitude est de Paris....................	$3^h6^m23^s,2$ ou 46°35′48″
Latitude sud.............................	19°19′33″
Déclinaison NW...........................	7°26′ 1″
Inclinaison..............................	57°18′ 8″
Composante horizontale (unités C.G.S.)...	0,22059

» J'ai opéré à 310^m SW de l'ancien mât de pavillon hova, à 80^m du temple anglican, près du marais, loin des habitations couvertes en tôle galvanisée. L'azimut de la montagne Takarindaona, appelée par les marins *Selle de Vatomandry*, égale en ce point 60°12′46″, à partir du nord vers l'ouest. Le sol est sablonneux.

» Nos positions géographiques, comparées avec celles des cartes marines et réduites au même point de repère, sont plus faibles de 4′12″ en longitude et plus fortes de 2′23″ en latitude.

» 2. *Marosika*, 3 *mars* 1900. — Pendant la halte du milieu de la journée au village de Marosika, j'ai pris, avec le théodolite magnétique de Brunner, une vingtaine de hauteurs circumméridiennes du Soleil et une déclinaison. Les résultats obtenus ont été les suivants :

Latitude sud.......................	19°36′7″
Déclinaison NW.....................	12°24′3″

» J'avais installé l'instrument à 60^m SW de trois cocotiers qui se dressent au milieu du village, sur la berge de la rivière Manandry. La colline ronde indiquée sur les cartes marines, et appelée *Vohimitengo* par les indigènes, se trouvait à 108°45′10″ d'azimut, en comptant du nord vers l'ouest.

» Le sol est composé de sable mêlé de limon.

» 3. *Mahanoro*, 4 *mars* 1900. — Enfin, j'ai déterminé les positions géographiques et les trois éléments magnétiques de Mahanoro, d'après les mêmes méthodes ci-dessus décrites. Voici les résultats obtenus :

Longitude est de Paris...................	$3^h5^m37^s,12$ ou 46°24′18″
Latitude sud.............................	19°55′8″
Déclinaison NW...........................	11°29′11″
Inclinaison..............................	54°48′10″
Composante horizontale (unités C. G. S.).	0,21596

» La station où j'ai opéré était située au nord-est du village européen, à 500^m nord-ouest de l'ancien fort hova, à 300^m de l'épave d'un bateau, près d'un bois qui longe la mer. Le sol est sablonneux.

» Nos coordonnées diffèrent de celles des cartes marines; l'écart est de $-4'42''$ dans la longitude et de $+1'14''$ dans la latitude.

» En résumé, on déduit de nos derniers travaux les conclusions suivantes :

» 1° Depuis Andevorante, Vatomandry et Mahanoro, la côte s'infléchit vers le sud-sud-ouest beaucoup plus que ne l'indiquent les cartes. La position des deux villes de Vatomandry et de Mahanoro doit être reculée vers le sud.

» 2° En réunissant toute la série de nos observations magnétiques faites en 1892, 1896 et 1900, depuis Tamatave, Ampanotoamaizina, Andevorante, Vatomandry, Marosika et Mahanoro, on constate, le long de cette zone de la côte orientale, une inégalité magnétique qui se manifeste par les effets suivants : (a) la déclinaison subit une hausse et une baisse alternatives, d'après l'ordre des stations énumérées plus haut; (b) le maximum de perturbation se trouve à Andevorante, le minimum à Vatomandry; (c) la déclinaison et l'inclinaison varient en sens inverse l'une de l'autre. »

NOMINATIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à la nomination d'une Commission chargée de préparer une liste de candidats pour la place de Secrétaire perpétuel devenue vacante par suite du décès de M. *Joseph Bertrand*.

Cette Commission doit se composer de six Membres pris dans les Sections de Sciences mathématiques et du Président en exercice.

Les Membres qui réunissent la majorité des suffrages sont : MM. Jordan, Boussinesq, Faye, Lippmann, Bouquet de la Grye, Sarrau. Après eux, les Membres qui ont obtenu le plus de voix sont : MM. Janssen, Callandreau, Grandidier, Léauté.

En conséquence, la Commission se composera de M. **Maurice Lévy**, Président en exercice, et de MM. **Jordan**, **Boussinesq**, **Faye**, **Lippmann**, **Bouquet de la Grye** et **Sarrau**.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à la nomination d'un Correspondant pour la Section de Médecine et Chirurgie, en remplacement de Sir *Paget*.

Au premier tour de scrutin, le nombre des votants étant 42,

M. Burdon-Sanderson obtient. . . . . . . 42 suffrages

M. **Burdon-Sanderson**, ayant obtenu l'unanimité des suffrages, est proclamé élu.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à la nomination de Commissions de prix chargées de juger les concours de 1900.

Le dépouillement des scrutins donne les résultats suivants :

Prix Wilde. — MM. Cornu, Lippmann, Mascart, Moissan, Berthelot.

Prix Vaillant. — MM. Troost, Moissan, Gautier, Ditte, Lemoine.

Prix Desmazières. — MM. Bornet, Guignard, Van Tieghem, Prillieux, Bonnier.

Prix Montagne. — MM. Chatin, Van Tieghem, Bornet, Guignard, Bonnier, Prillieux.

Prix Thore. — MM. Bornet, Perrier, Van Tieghem, Guignard, Bonnier.

Prix Savigny. — MM. de Lacaze-Duthiers, Perrier, Filhol, Grandidier, Ranvier.

Prix da Gama Machado. — MM. Perrier, de Lacaze-Duthiers, Filhol, Ranvier, Marey, Guignard.

Prix Montyon (Médecine et Chirurgie). — MM. Marey, Bouchard, d'Arsonval, Guyon, Potain, Lannelongue, Chauveau, Brouardel, Roux.

Prix Barbier. — MM. Bouchard, Potain, Guyon, Guignard, Lannelongue.

Prix Bréant. — MM. Marey, Bouchard, Guyon, Potain, d'Arsonval, Lannelongue.

MÉMOIRES PRÉSENTÉS.

M. **Giacomo Giordano** adresse une Note relative à une substance employée en Photographie « la Viscosine ».

(Renvoi à la Section de Physique.)

CORRESPONDANCE.

M. **Michelson**, nommé Correspondant pour la Section de Physique, adresse ses remercîments à l'Académie.

MM. **Bouvier**, **Mathias-Duval**, **Oustalet** et **Vaillant** prient l'Académie de vouloir bien les comprendre parmi les candidats à la place laissée vacante, dans la Section d'Anatomie et Zoologie, par le décès de M. *Blanchard*.

(Renvoi à la Section d'Anatomie et Zoologie.)

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Un Ouvrage de M. *C. de Freycinet* ayant pour titre : « Essais sur la Philosophie des Sciences; Analyse, Mécanique; 2e édition.

2° Un Atlas de Radiographie (Chirurgie infantile et orthopédique); par MM. *P. Redard* et *F. Laran* (présenté par M. Marey).

ASTRONOMIE. — *Lieux des étoiles circumpolaires fondamentales, déterminés à l'observatoire de Lyon* [1]. Note de M. **F. Gonnessiat**.

« Durant la période qui va d'avril 1898 à décembre 1899, les étoiles supplémentaires de la liste formée par M. Auwers (*A. N.* 3440) ont été comprises dans les déterminations faites au cercle méridien Eichens ($0^m,134$). Le système fondamental des positions qui ont servi de base aux réductions est celui que nous avons obtenu antérieurement, par des méthodes particulières; les éléments en ont été publiés dans ce Recueil (1892, II, p. 400; 1897, I, p. 938); ils figurent plus loin dans les colonnes I, ramenés à 1900 à l'aide de nos valeurs μ et μ' des mouvements propres (constante de la précession de Le Verrier).

---

(1) Avec le concours de M. Cacheleux d'avril à juillet 1898, de M. Le Cadet, d'avril à décembre 1899.

» Voici, rapidement indiquées, les méthodes suivies dans ce Travail :

» 1° Pour les ascensions droites, au lieu de faire la réduction des passages à la manière ordinaire, on a, pour l'ensemble des étoiles, calculé la valeur de l'n instrumental, et, par comparaison aux valeurs fondamentales correspondantes, déduit la correction $\Delta n = \Delta\alpha \cot\delta$. Il faut ensuite introduire la variation $e - e_0$ de l'équation personnelle (pôle-équateur) : nous avons conservé à cet élément la même allure que dans nos précédentes recherches, mais en portant e_0 à $-0^s,40$, d'après une détermination récente.

» 2° Pour les déclinaisons, on a procédé exclusivement par mesure de la double hauteur en associant la visée par réflexion à la visée directe. L'erreur de flexion s'élimine d'elle-même, et l'on obtient la correction Δz applicable à la distance zénithale calculée, laquelle est liée aux corrections $\Delta\delta$ de déclinaison et $\Delta\varphi$ de latitude par la relation $\Delta z = \Delta\varphi \mp \Delta\delta$. Par les fondamentales, on a $\Delta\varphi$, dont la courbe moyenne fournit les valeurs normales avec lesquelles on passe de Δz à $\Delta\delta$.

» Les résultats de cette période d'observations sont inscrits dans les colonnes II, où se trouvent également les valeurs admises pour $e - e_0$; p indique : pour les passages, le nombre d'observations (10 fils); pour les déclinaisons, un poids tel que l'unité répond à peu près à une mesure de double hauteur. Les P représentent les poids relatifs qui conviendraient à la combinaison des valeurs I et II. La petitesse des discordances entre ces deux séries permet d'admettre que les étoiles nouvelles ont leurs lieux déterminés ici avec une erreur n'excédant pas 0",1 séc δ en α et 0",1 en δ.

» Les désignations par les lettres minuscules sont celles de la liste de M. Auwers.

Ascensions droites, 1900,0.

	I.				II.					
Nom.	Date 1800+.	μ.	Secondes de α.	P_1.	Dates 1800+.	$e - e_0$.	α.	p.	P_2.	$\Delta(\text{II}-\text{I})\cos\delta$.
		s	s			s	h m s			s
2 Petite-Ourse.......	87	+0,075	1,36	10	99,5	+0,36	0.55. 1,41	28	3	+0,06
α Petite-Ourse.......	87	+0,139	33,54	10	99,4	+0,40	1.22.33,33	37	4	−0,06
a = Br 256..........					99,4	+0,08	2. 1.24,76	14		
b = 147 H Céphée.....					99,5	+0,26	3. 8.34,78	16		
c = 149 H Céphée.....					99,2	+0,38	3.33.54,88	17		
1235 B.A.C.....	87	+0,015	5,52	10	99,1	+0,35	4. 5. 5,46	20	2	−0,07
d = 698 Carr.........	90	+0,025	17,76	2	98,9	+0,36	4.56.17,56	15	2	−0,06
e = 158 H Céphée.....					99,1	+0,32	5.29.54,14	26		
51 H Céphée.....	87	−0,065	43,83	10	99,2	+0,40	6.53.43,90	47	5	+0,05

Nom.	I. Date 1800 +.	μ.	Secondes de α.	P₁.	II. Dates 1800 +.	e − e₀.	α.	p.	P₂.	Δ(II − I) cos δ.
		s	s			s	h m s			"
f = 109 H Céphée.....					99,3	+0,24	7.53. 1,39	30		
g = 2320 B.A.C.....	87	−0,098	1,94	10	99,1	+0,40	7.58. 2,17	44	4	+0,06
h = 121 H...........					99,1	+0,28	8.54.32,03	19		
1 Dragon........	87	−0,015	50,80	10	98,8	+0,01	9.22.50,81	8	1	+0,02
3495 B.A.C......	94	−0,098	8,96	3	99,1	+0,28	10.15. 9,00	17	2	+0,06
i = S 664 Cam.......					99,2	+0,38	11. 2.29,67	22		
k = 4165 B.A.C......	87	−0,079	23,26	10	99,2	+0,40	12.14.22,92	40	4	−0,11
l_1 = 32 H Cam........					99,2	+0,19	12.48.15,39	15		
l_2 = 32 H Cam........					99,3	+0,19	12.48.22,78	11		
m = 135 H Céphée....					99,4	+0,10	13.45. 9,91	23		
n = 5140 B.A.C......	87	−0,018	20,13	10	99,2	+0,50	15. 9.19,89	18	2	−0,15
o = 33 H Petite-Ourse.					99,2	+0,10	15.53.46,54	16		
ε Petite-Ourse...	87	+0,005	11,88	10	98,9	+0,02	15.56.11,92	8	1	+0,08
δ Petite-Ourse....	87	+0,019	32,65	10	99,0	+0,39	18. 4.32,65	29	3	0,00
λ Petite-Ourse...	87	−0,108	29,18	10	99,2	+0,40	19.22.29,37	48	5	+0,05
p = 3 H Céphée......					99,1	+0,24	20.13.59,37	33		
7169 B.A.C......	87	+0,018	8,91	10	99,0	0,00	20.33. 8,95	24	2	+0,09
76 Dragon.......					99,0	+0,01	20.49.50,19	15	2	
q = 7504 B.A.C......	87	+0,020	34,67	10	99,1	+0,39	21.19.34,71	26	3	+0,03
r = 3441 Carr........	87	+0,046	17,71	10	99,1	+0,36	22.21.17,72	18	2	+0,01
s = 36 H Céphée......					99,3	+0,16	22.55.12,55	22		
t = 8213 B.A.C......	87	+0,093	48,55	10	99,2	+0,40	23.27.48,57	32	3	+0,02
u.................					99,1	+0,05	23.51.45,06	25		

Déclinaisons, 1900,0.

Nom.	I. Date 1800 +.	μ′	Secondes de δ.	P′₁.	II. Date 1800 +.	δ.	p.	P′₂.	Δ(II − I).
2 Petite-Ourse..............	91,9	−0″,006	14″,15	6	99,5	85°.43′.14″,48	41	4	+0″,03
α Petite-Ourse..............	93,8	+0,001	26,46	28	99,3	88.46.26,45	111	11	−0,01
a = Br 256................					99,3	83. 5.30,08	14	1	
b = 147 H Céphée...........					90,1	84.33.26,77	20	2	
c = 149 H Céphée............					99,1	84.19.57,24	20	2	
1235 B.A.C............	91,6	+0,022	28,63	7	99,2	85.17.28,57	32	3	+0,04
d = 698 Carr...............	94,8	−0,081	46,04	2	99,1	85.49.46,13	25	3	+0,09
e = 158 H Céphée...........					99,2	85. 8.49,67	20	2	
51 H Céphée.............	93,0	−0,044	20,24	16	99,1	87.12.20,24	102	10	0,00
f = 109 H Céphée...........					99,0	84.20.49,88	37	4	
g = 2320 B.A.C............	93,3	+0,017	59,18	14	99,2	88.55.59,10	82	8	−0,08
h = 121 H..................					99,1	84.34.58,53	23	2	

Nom.	I. Date 1800 +.	μ'.	Secondes de δ.	P'_1.	II. Date 1800 +.	δ.	p.	P'_2.	Δ(II − I).
h = 1 Dragon	90,3	−0″,027	6″,80	3	98,4	81°.46′. 6″,79	3	1	−0″,01
3495 B.A.C	95,4	−0,046	37,20	4	99,0	84.45.37,08	18	2	−0,12
i = S 664 Cam					99,2	86.10.57,78	22	2	
k = 4165 B.A.C	93,6	+0,058	15,13	12	99,1	88.15.15,14	92	9	+0,01
l_1 = 32 H Cam					99,2	83.57.41,44	19	2	
l_2 = 32 H Cam					99,3	83.57.23,46	15	2	
m = 125 H Céphée					99,4	83.15.15,46	27	3	
n = 5140 B.A.C	91,0	+0,024	3,90	7	99,2	87.37. 3,78	43	4	−0,12
o = 33 H Petite-Ourse					99,0	83.14.57,92	21	2	
ε Petite-Ourse	89,7	−0,001	7,78	4	99,0	82.12. 7,60	10	1	−0,18
δ Petite-Ourse	91,7	+0,053	47,85	12	99,2	86.36.47,76	68	7	−0,09
λ Petite-Ourse	93,5	+0,013	15,97	17	99,2	88.59.15,94	107	11	−0,03
p = 3 H Céphée					99,0	84.22.38,28	40	4	
7169 B.A.C	90,0	+0,014	40,67	4	99,0	81. 5.40,60	27	3	−0,07
76 Dragon					99,1	82. 9.40,14	14	1	
q = 7504 B.A.C	92,2	+0,019	24,66	11	99,2	36.37.24,59	51	5	−0,07
r = 3141 Carr	92,3	+0,044	17,29	9	99,0	85.36.17,26	20	2	−0,03
s = 36 H Céphée					99,3	83.48.39,90	23	2	
t = 8213 B.A.C	93,5	+0,021	21,04	15	99,1	86.45.21,01	71	7	−0,03
u					99,2	82.38. 3,87	28	3	

ASTRONOMIE. — *Radiants observés à Athènes pendant l'année* 1899. Note de M. **D. Eginitis**, présentée par M. M. Lœwy.

« Pendant l'année 1899, outre les Perséides, les Léonides et les Biélides, dont les observations ont été déjà communiquées à l'Académie, nous avons observé, à l'observatoire d'Athènes, les radiants suivants :

Dates.	Radiant α.	Radiant δ.	Nombre de météores.	Éclat.	Coloration.	Vitesse.
Mars 2.	90°	+16°	5	4	Jaune.	4
2.	126	+28	4	4	»	4
3.	90	+14	3	4	»	4
3.	65	+14	4	4	»	4
3.	100	+26	3	4	»	4
3.	64	+44	3	2	»	4
4.	66	+16	4	5	»	3
4.	89	− 8	4	4	»	4
Avril 3.	128°	+ 7°	3	5	Jaune.	4
3.	135	+12	5	4	»	4
3.	151	− 3	4	4	»	4
5.	127	+ 7	3	5	»	4
5.	143	+24	4	3	»	4
5.	162	+10	5	4	»	4
Mai 3.	216	+27	3	4	»	4
9.	236	−21	3	3	»	3

Dates.	Radiant α.	Radiant δ.	Nombre de météores.	Éclat.	Coloration.	Vitesse
Mai 13.	263°	+48°	6	2	Jaune.	3
14.	266	+48	2	4	»	3
Juin 1.	225	+73	4	4	»	4
7.	246	+24	6	4	»	4
7.	238	−13	3	4	»	4
7.	213	+29	3	4	»	4
9.	246	+23	2	4	»	3
13.	282	+19	5	4	»	4
27.	277	+28	6	2	»	4
27.	240	+45	3	3	»	0
30.	277	+30	4	3	»	3
Juill. 1.	314	+56	3	3	»	3
1.	285	+ 1	5	3	»	2
3.	290	+28	3	3	»	4
4.	322	+40	4	4	»	3
5.	307	+20	4	4	»	3
4.	322	+40	4	4	»	3
4.	314	+56	2	3	»	3
4.	316	+48	4	4	»	4
4.	285	+ 1	5	3	»	2
5.	304	+14	3	3	»	4
Août 26.	303	+52	5	4	»	4
28.	256	+54	6	2	»	4
29.	302	+47	5	5	»	3
29.	290	+40	3	3	»	4
31.	302	+48	6	5	»	5
31.	282	+37	6	4	»	4
Sept. 1.	303	+46	5	5	»	4
2.	295	+20	3	4	Rouge.	4
5.	358	+47	3	4	»	5
7.	357	+44	9	5	»	5
8.	348	+48	4	5	Jaune.	5
8.	347	+ 4	4	3	»	3
8.	53	+40	5	5	»	4
23.	313	+ 7	5	4	Rouge jaune.	5
29.	16	+58	5	4	Rouge.	4
Oct. 3.	17	+58	6	2	»	4
4.	0	+66	4	3	Jaune.	4
6.	10	+14	9	4	»	4
6.	27	+18	3	5	Rouge.	4
10.	330	− 4	6	4	Rouge jaune.	4
12.	330	+12	7	3	Jaune.	3

Dates.	Radiant α.	Radiant δ.	Nombre de météores.	Éclat.	Coloration.	Vitesse.
Oct. 24.	40°	− 3°	4	5	Jaune.	4
25.	30	+20	7	5	Rouge jaune.	4
24.	43	+ 3	4	3	»	3
25.	22	− 8	6	5	»	4
25.	354	−11	4	4	Jaune.	4
27.	43	+27	4	4	Rouge jaune.	4
27.	7	+23	7	3	Jaune.	4
27.	58	+50	5	4	Rouge jaune.	4
27.	95	+68	5	5	Rouge.	5
28.	327	+ 9	4	4	»	4
28.	25	+36	4	3	Rouge jaune.	3
28.	10	+78	4	5	Rouge.	5
30.	52	+ 9	6	5	Rouge jaune.	4
31.	36	+17	12	4	Jaune.	4
31.	346	+ 1	5	5	»	5
Nov. 1.	45	+10	8	4	»	5
1.	37	+16	6	5	Rouge jaune.	4
1.	79	+26	6	5	Rouge.	4
2.	38	+17	3	4	Jaune	4
2.	90	+29	3	4	Rouge.	4
2.	42	−11	6	4	Rouge jaune.	4
3.	48	+12	3	5	»	4
3.	27	− 3	3	5	»	4
3.	16	− 9	3	4	»	4
3.	57	+29	3	3	Rouge.	5
4.	13	+10	9	4	Jaune.	4
4.	32	+48	3	3	Rouge.	3
4.	14	−10	3	4	»	3
4.	56	+18	8	5	Jaune rouge.	4
6.	54	+20	7	3	Rouge.	4
6.	39	+23	7	3	Rouge jaune.	5
6.	52	−12	3	3	Rouge.	3
6.	66	+24	9	5	Rouge jaune.	4
6.	53	+22	6	4	Jaune.	4
8.	62	+20	4	4	»	3
10.	97	+14	6	4	Rouge.	4
11.	185	+17	10	3	Rouge jaune.	3
11.	60	+26	3	4	Jaune.	3
11.	68	+ 1	7	3	Rouge.	4
11.	76	+ 6	3	4	»	4
12.	84	− 7	5	4	Jaune rouge.	3
12.	146	+24	3	4	Jaune.	4

Dates.	Radiant α.	Radiant δ.	Nombre de météores.	Éclat.	Coloration.	Vitesse.
Nov. 12.	155°	+17°	5	5	Rouge.	5
14.	152	+25	5	2	Rouge jaune.	4
14.	145	+14	10	2	Rouge.	4
14.	176	+16	4	3	Jaune.	4
23.	34	+48	4	5	»	5
24.	13	+39	5	5	Rouge.	4
Nov. 24.	18°	+38°	9	4	Rouge.	3
24.	23	+39	20	3	Jaune.	3
25.	25	+43	4	4	Rouge.	4
25.	25	+32	3	4	»	3
28.	30	+34	3	4	Jaune.	4

» Parmi ces radiants, quelques-uns sont connus, un grand nombre ont été déjà observés, mais il en reste qui ont été vus pour la première fois à d'autres dates.

» Pour l'*éclat*, nous suivons l'échelle des grandeurs des étoiles; pour la *vitesse*, nous employons l'échelle $1-5$, en signalant par 5 les plus grandes vitesses.

» Dans le service des observations des étoiles filantes ont pris part MM. Terzakis, Maris et Tsapekos. »

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la méthode de Neumann et le problème de Dirichlet.* Note de M. A. **Korn**, présentée par M. Picard.

« Je ne puis laisser sans réponse la Remarque de M. W. Stekloff (*Comptes rendus*, 26 mars 1900) relative à ma Note du 26 février 1900. Ma démonstration de la méthode de M. Neumann, qui rend la démonstration de M. Poincaré indépendante du principe de Dirichlet, se compose de deux principes essentiels :

» 1. La démonstration de la convergence de la série (qu'on peut appeler *série de Robin*)

$$(1)\quad \begin{cases} V_0=0, \qquad V_1=-\dfrac{1}{2\pi}\displaystyle\int_\omega \frac{F}{r}\,d\omega, \qquad V_j=\dfrac{1}{4\pi}\displaystyle\int_\omega\left(\left|\frac{\partial V_{j-1}}{\partial \nu}\right|_e+\left|\frac{\partial V_{j-1}}{\partial \nu}\right|_i\right)\frac{d\omega}{r} \\ \qquad\qquad (j=2,3,\ldots), \end{cases}$$

(F étant simplement continue sur ω) donnée par M. Poincaré est indépendante du principe de Dirichlet.

» 2. En introduisant à la place des fonctions de M. Neumann

$$(2)\quad \begin{cases} \mathfrak{W}_0=0, \qquad \mathfrak{W}_1=-\dfrac{1}{2\pi}\displaystyle\int_\omega f\frac{\cos(r\nu)}{r^2}\,d\omega, \\ \mathfrak{W}_j=\dfrac{1}{4\pi}\displaystyle\int_\omega(\mathfrak{W}_{j-1,e}+\mathfrak{W}_{j-1,i})\frac{\cos(r\nu)}{r^2}\,d\omega \qquad (j=2,3,\ldots), \end{cases}$$

[(f étant continue sur ω avec ses deux premières dérivées (¹)] les fonctions suivantes :

$$(3)\quad \begin{cases} W_j = \mathfrak{W}_{j+1} + \mathfrak{W}_j & \text{à l'extérieur de } \omega, \\ W_j = \mathfrak{W}_{j+1} - \mathfrak{W}_j & \text{à l'intérieur de } \omega, \end{cases}$$

on peut écrire les solutions de M. Neumann

$$\frac{1}{2}\sum_0^\infty W_j \qquad \text{à l'extérieur de } \omega$$

et

$$\frac{1}{2}\sum_0^\infty (-1)^{j+1} W_j \qquad \text{à l'intérieur de } \omega.$$

» Comme on a les relations

$$(4)\quad \begin{cases} W_1 = \dfrac{1}{2\pi}\displaystyle\int_\omega \frac{\partial \mathfrak{W}_1}{\partial \nu}\frac{d\omega}{r}, \quad W_j = \dfrac{1}{4\pi}\displaystyle\int_\omega \left(\left|\frac{\partial W_{j-1}}{\partial \nu}\right|_e + \left|\frac{\partial W_{j-1}}{\partial \nu}\right|_i\right)\frac{d\omega}{r} \\ \qquad\qquad (j = 2, 3, \ldots), \end{cases}$$

la série des W_j est une série de Robin et convergente d'après le premier raisonnement.

» Le premier raisonnement est l'œuvre incontestée de M. Poincaré; dans la Note du 6 mars 1899 M. W. Stekloff en a donné une démonstration nouvelle, mais on y chercherait en vain les traces du deuxième raisonnement pour démontrer la convergence de la série de M. Neumann. Dans mon Livre j'ai modifié aussi un peu la démonstration de M. Poincaré pour des raisons faciles à deviner pour ceux qui auront parcouru tout le Livre.

» Ce n'est que par le deuxième raisonnement que j'ai réussi à modifier la méthode de M. Poincaré de manière à la rendre indépendante du principe de Dirichlet. En constatant dans ma Note du 26 février que la démonstration de M. W. Stekloff pour la méthode de M. Neumann est *à peu près* la même que la mienne, j'ai voulu dire que cette partie essentielle se retrouve dans la démonstration de M. W. Stekloff, tout en admettant qu'il y a une différence dans bien des détails.

» M. W. Stekloff a fait aussi une remarque relative à ma proposition de remplacer sa condition 4° (du 6 mars 1899) par la condition que la

(¹) On peut remplacer la continuité des deuxièmes dérivées par des conditions un peu plus générales.

transformation de M. Poincaré existe et que f soit continue avec ses deux premières dérivées. Pour exclure des malentendus, je me suis servi dans les relations (1) de la lettre F au lieu de f; la seule continuité de F suffit pour la convergence de la série de Robin, mais pour la démonstration de la méthode de M. Neumann nous posons :

$$F = -\frac{1}{2\pi}\frac{\partial}{\partial\nu}\int_\omega f\frac{\cos(r\nu)}{r^2}\,d\omega. \tag{5}$$

(f étant toujours la fonction donnée du problème de Dirichlet), et l'on mettra la rigueur de la démonstration hors de doute, si l'on suppose la *continuité des deux premières dérivées de* f, quoique cette démonstration reste encore vraie dans des conditions beaucoup plus générales; dans mon Livre je n'ai pas généralisé ces conditions plus qu'il n'était important pour les questions de physique, dans lesquelles les premières dérivées des solutions du problème de Dirichlet doivent être continues.

» Mais l'intérêt du mathématicien ne peut pas s'arrêter là, et à la fin de sa Note du 12 février, M. W. Stekloff a esquissé une méthode pour supprimer toutes les suppositions sur les dérivées de f; malheureusement ce n'est qu'une esquisse, et je crois même qu'il y aura d'assez grandes difficultés à surmonter pour démontrer cette méthode d'une manière rigoureuse; il ne sera déjà pas facile, pour donner un exemple, de démontrer l'identité

$$\sum_1^\infty\sum_1^\infty(-1)^{k-1}(W^{(s)}_{k,i} - W^{(s)}_{k-1,i}) \equiv \sum_1^\infty\sum_1^\infty(-1)^{k-1}(W^{(s)}_{k,i} - W^{(s)}_{k-1,i}),$$

dont M. W. Stekloff se sert sans commentaire. Si M. W. Stekloff pouvait donner la démonstration complète de cette méthode et en toute rigueur, ce serait un très beau résultat.

» Pour éviter les difficultés de cette méthode, qui me semblait aussi d'abord tout indiquée par l'extension analogue de la méthode du balayage, je propose une autre méthode assez simple :

» Qu'on forme la série suivante de fonctions

$$\text{(6)}\quad \begin{cases} \varphi_0 = f, & \varphi_1 = f - \mathfrak{W}_1, \\ \varphi_2 = f - \mathfrak{W}_1 - \mathfrak{W}_2, & \varphi_3 = f - \mathfrak{W}_1 - \mathfrak{W}_2 - \mathfrak{W}_3, \quad \ldots, \end{cases}$$

du côté extérieur de la surface ω, et

$$\text{(7)}\quad \begin{cases} \varphi_0 = f, & \varphi_1 = f + \mathfrak{W}_1, \\ \varphi_2 = f + \mathfrak{W}_1 - \mathfrak{W}_2, & \varphi_3 = f + \mathfrak{W}_1 - \mathfrak{W}_2 + \mathfrak{W}_3, \quad \ldots, \end{cases}$$

du côté intérieur de la surface ω; on peut successivement démontrer (¹) les propriétés suivantes des φ_1.

» Que 1 et 2 désignant deux points quelconques de u et r_{12} leur distance, on peut toujours, en prenant r_{12} suffisamment petite, obtenir les relations

$$(8)\qquad |\varphi_1(2)-\varphi_1(1)| \overline{\overline{<}} A_1\sqrt{r_{12}},$$

puis, successivement :

$$(9)\qquad \left\{\begin{aligned} &\left|\frac{\partial\varphi_2(2)}{\partial h}-\frac{\partial\varphi_2(1)}{\partial h}\right| \overline{\overline{<}} A_2, \\ &\left|\frac{\partial\varphi_3(2)}{\partial h}-\frac{\partial\varphi_3(1)}{\partial h}\right| \overline{\overline{<}} A_3\sqrt{r_{12}}, \\ &\left|\frac{\partial^2\varphi_4(2)}{\partial h\,\partial h'}-\frac{\partial^2\varphi_4(1)}{\partial h\,\partial h'}\right| \overline{\overline{<}} A_4, \quad \ldots, \end{aligned}\right.$$

A_1, A_2, A_3, A_4, ... étant des constantes que l'on peut supposer plus petites qu'une quantité ε fixe, mais aussi petite que l'on veut; h, h' des directions tangentielles quelconques.

» Comme φ_4 (même déjà φ_3) a toutes les qualités qui sont nécessaires pour l'application de la méthode de M. Neumann, on n'a qu'à résoudre le problème de Dirichlet pour les valeurs limites φ_4 (ou φ_3), et l'on arrivera de cette manière au résultat que la série de M. Neumann est convergente, si

» 1° La fonction f est simplement continue sur ω, et si

» 2° La surface admet la transformation de M. Poincaré. »

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une application de la méthode des approximations successives.* Note de M. A. **Davidoglou**, présentée par M. Picard.

« Considérons l'équation

$$(1)\qquad \frac{d^4y}{dx^4}=k\varphi(x)y \qquad [\varphi(x) \geqq 0 \text{ pour } a \leqq x \leqq b]$$

(¹) Cette démonstration se trouvera (pour le plan) dans un Volume : *Ueber die Theorie des logarithmischen Potentials* (Berlin), qui paraîtra vers la fin de cette année; elle sera absolument analogue pour l'espace de trois dimensions.

où k est un paramètre variable. C'est l'équation qu'on est amené à considérer quand on étudie les vibrations des verges élastiques.

» Le théorème établi dans une Note précédente (p. 692 de ce volume), permet d'établir très simplement l'existence d'une suite infinie de quantités

$$k_1, \quad k_2, \quad \ldots, \quad k_n, \quad \ldots$$

toutes positives, croissantes et telles, de plus, que l'équation

$$\frac{d^4 y}{dx^4} = k_n \varphi(x) y \tag{2}$$

admet une intégrale tangente à Ox en a et b, et s'annulant $(n-1)$ fois *entre* a et b. Ces quantités sont les racines d'une fonction entière. Dans ce qui va suivre nous déterminerons le *mode* de croissance de k_n. Le théorème suivant est fondamental :

» *Soit* y_n *l'intégrale de l'équation*

$$\frac{d^4 y}{dx^4} = \chi(x) y$$

tangente à Ox *en* a *et* b_n; *si* z_n *est l'intégrale analogue (tangente en* a *et* b'_n) *de l'équation*

$$\frac{d^4 z}{dx^4} = \psi(x) z$$

où

$$\psi(x) > \chi(x) \geqq 0 \qquad (\textit{de } a \textit{ à } b_n)$$

on aura

$$ab'_n < ab_n.$$

» Je ne donnerai pas ici la démonstration de ce théorème qui demande, pour une parfaite rigueur, des développements un peu étendus; je ferai remarquer simplement qu'il suffit de l'établir pour une *variation infiniment petite de* $\chi(x)$, en faisant voir en même temps que le nombre de zéros *reste le même*.

» Ce théorème joue, dans cette théorie, le rôle que le théorème de Sturm joue dans la théorie des équations linéaires du second ordre qu'on rencontre en Physique mathématique.

» Cela étant, pour l'équation

$$\frac{d^4 y}{dx^4} = \mathrm{C}^4 y \qquad (\mathrm{C} = \text{const.}),$$

si λ_n désigne la $n^{\text{ième}}$ racine de

$$\cos\lambda \frac{e^{\lambda}+e^{-\lambda}}{2} - 1 = 0,$$

l'intervalle ab_n sera égal à $\frac{\lambda_n}{C}$. De plus, on a

$$2\mu\pi < \lambda_{2\mu} < 2\mu\pi + \frac{\pi}{2},$$
$$(2\mu+1)\pi + \frac{\pi}{2} < \lambda_{2\mu+1} < (2\mu+1)\pi + \pi.$$

» Revenons à l'équation (2) et supposons

$$\varphi(x) < M \qquad (\text{de } a \text{ à } b).$$

» Les deux équations

$$\frac{d^4 y_n}{dx^4} = k_n \varphi(x) y_n,$$
$$\frac{d^4 z_n}{dx^4} = k_n M z_n$$

donneront immédiatement

$$(b-a) > \frac{\lambda_n}{\sqrt[4]{k_n M}},$$

d'où

$$k_n > \frac{\lambda_n^4}{(b-a)^4 M},$$

ou encore

$$k_n > \frac{(2n+1)^4 \pi^4}{16 M (b-a)^4} \quad \text{ou} \quad \frac{(2n)^4 \pi^4}{16 M (b-a)^4},$$

suivant que n est *impair ou pair*. Dans tous les cas, k_n *croît plus vite que* n^4. »

ARITHMÉTIQUE. — *Sur la distribution des nombres premiers.* Note de M. **Helge von Koch**, présentée par M. Poincaré.

« Les résultats énoncés dans les pages suivantes sont basés sur cette remarque : si x et s sont deux nombres positifs, on a

$$\lim_{s=\infty}(1 - e^{-x^s}) = 1, 0, 1 - e^{-1},$$

selon que

$$x > 1, x > 1, x = 1,$$

» Appliquant cette remarque à l'étude de la formule d'Euler (*Introd. in anal. infin.*, t. I, Cap. 15), je parviens, dans un Mémoire inséré aux *Acta mathematica* (sous presse), à des formules nouvelles pour la fonction $f(x)$ de Riemann et pour des fonctions numériques analogues.

» Parmi les formules ainsi obtenues, je citerai la suivante :

» *Soit x un nombre positif donné (non entier); désignons par $\theta(x)$ la somme des logarithmes naturels de tous les nombres premiers $< x$ et posons*

$$\psi(x) = \theta(x) + \theta\left(x^{\frac{1}{2}}\right) + \theta\left(x^{\frac{1}{3}}\right) + \ldots,$$

on aura

$$\psi(x) = -\lim_{s=\infty} \sum_{\nu=1}^{+\infty} \frac{(-1)^{\nu-1}}{\nu!} x^{\nu s} Z(\nu s),$$

$Z(s)$ désignant la dérivée logarithmique de la fonction $\zeta(s)$ de Riemann.

» Décomposant les fonctions $Z(\nu s)$ en éléments simples, d'après le théorème fondamental de M. Hadamard (*Journal de Mathématiques*, 1893), j'en déduis, après quelques calculs intermédiaires qui sont d'ailleurs d'une nature tout élémentaire, une formule asymptotique qui peut s'écrire sous la forme suivante :

$$\psi(x) = x + \eta,$$

où l'on a

$$|\eta| < k \sum_\rho \left| \frac{s x^\rho}{\rho(\rho - s)} \right|,$$

k désignant une constante, s désignant un nombre satisfaisant à la condition

$$s \geqq x^2$$

et la somme Σ_ρ étant étendue à toutes les racines imaginaires de la fonction $\zeta(s)$.

» Admettons maintenant, avec Riemann, que la partie réelle R_ρ de chacune des racines ρ soit $= \frac{1}{2}$ (¹).

» On a alors (pour $x > 1$, $s \geqq x^\varepsilon$)

$$|x^\rho| = x^{\frac{1}{2}}, \qquad s < 2|s - \rho|, \qquad |s - \rho| > |\rho|,$$

(¹) M. Jensen, qui assure être en possession d'une démonstration rigoureuse de ce théorème (voir *Acta math.*, t. XXII, p. 364), publiera prochainement cette démonstration dans les *Acta*.

d'où

$$|\eta| < 2K x^{\frac{1}{2}} s^{\sigma} \sum_{\rho} \frac{1}{|\rho|^{1+\sigma}},$$

σ désignant un nombre positif si petit qu'on le veut. Donc, prenant pour s la valeur $s = x^{\varepsilon}$, on voit que $|\eta|$, pour les valeurs croissantes de x, ne pourra être infini d'un ordre supérieur à $x^{\frac{1}{2}+2\sigma}$; d'où le résultat suivant :

» *La différence* $|\psi(x) - x|$ *est d'un ordre inférieur à* $x^{\frac{1}{2}+\varepsilon}$, ε *désignant un nombre positif si petit qu'on le veut* $\left(\textit{pourvu que } R_\rho = \frac{1}{2}\right)$.

» Comme la différence $\psi(x) - \theta(x)$ est de l'ordre de $x^{\frac{1}{2}}$, il en résulte que l'énoncé précédent s'applique aussi à $\theta(x)$ (¹).

» De ce théorème on déduit immédiatement, en le combinant avec une formule de M. de la Vallée-Poussin (*loc. cit.*, p. 60), que la différence entre la fonction $f(x)$ de Riemann et le *logarithme intégral* $\mathrm{Li}(x)$ est d'ordre inférieur à $x^{\frac{1}{2}+\varepsilon}$; d'où enfin le résultat suivant pour la fonction $F(x)$ qui exprime combien il y a de nombres premiers $< x$:

» *Si* $R\rho = \frac{1}{2}$ *pour tous les zéros imaginaires de* $\zeta(s)$, *il est certain que l'erreur commise en posant*

$$F(x) = \mathrm{Li}(x)$$

est d'ordre inférieur à $x^{\frac{1}{2}+\varepsilon}$, ε *désignant un nombre positif aussi petit qu'on le veut.*

» Je dois à M. Phragmén la remarque suivante : La différence

$$F(x) - \mathrm{Li}(x)$$

ne saurait être d'ordre inférieur à $x^{\frac{1}{2}-\varepsilon}$, ε étant positif et arbitrairement petit;

(¹) On sait que M. Hadamard et M. de la Vallée-Poussin ont établi, simultanément, que la différence $|\theta(x) - x|$ est d'ordre $< x$. Plus tard, M. de la Vallée-Poussin, dans ses recherches *Sur la fonction* $\zeta(s)$, etc. (Bruxelles, 1899), a trouvé une limite supérieure, d'ordre beaucoup plus petit, pour cette différence; dans l'hypothèse $R_\rho = \frac{1}{2}$, cette limite est d'ordre $< x^{\frac{3}{4}}$ [voir *loc. cit.*, formule (17) p. 53]. Ce dernier résultat coïncide avec celui trouvé par Stieltjes par une autre méthode (*Comptes rendus*, t. CI, p. 368).

en effet, on conclurait de cette hypothèse que l'intégrale de Riemann

$$\int_{x_0}^{\infty} [F(x) - Li(x)] x^{-s-1} \, dx \qquad (x_0 > 1)$$

converge absolument et uniformément pour $R(s) > \frac{1}{2} - \varepsilon'$ où $0 < \varepsilon' < \varepsilon$. Or, cette intégrale étant identique, pour $R(s) > 1$, à

$$\frac{\log[(s-1)\zeta(s)]}{s} + \text{fonction entière} \quad (^1),$$

il s'ensuivrait que la fonction $\frac{\log[(s-1)\zeta(s)]}{s}$ resterait régulière pour

$$R(s) > \frac{1}{2} - \varepsilon',$$

résultat évidemment absurde. »

THERMODYNAMIQUE. — *Sur les moteurs à gaz à explosion.* Note de M. L. **Marchis**, présentée par M. J. Violle.

« Dans une Note présentée à l'Académie le 23 avril, M. Witz semble faire sienne une erreur commise dans la théorie des moteurs à gaz à explosion, erreur que ma Note du 12 mars ne lui attribuait pas. Comme la même Note contient quelques reproches formulés contre la théorie que j'ai proposée, je prie l'Académie de vouloir bien me permettre de répondre aux objections de mon honorable contradicteur.

» 1° Ma Note du 12 mars portait (je l'ai dit expressément et la figure qui y est jointe en fait foi) uniquement sur les moteurs du type Otto, c'est-à-dire sur les moteurs dans lesquels la course de compression est *égale* à la course de détente. M. Witz, au contraire, parle de moteurs dans lesquels la course de compression est *moindre* que la course de détente. Je n'ai donc pas pu dire que le cycle des moteurs du type Atkinson, Charon, Letombe, Heynen, etc., était une imagination sans réalité; je n'ai pas pu dire non plus que la formule du rendement de ces moteurs reposait sur une hypothèse absurde.

---

(1) Voir le Mémoire de M. Phragmén : *Sur le logarithme intégral et la fonction $f(x)$ de Riemann;* Oefversigt, Stockholm, 1891.

» 2° Si j'ai interprété d'une manière inexacte la pensée de M. Witz, mon erreur est, je crois, partagée. Beaucoup de bons auteurs (1) qui se réclament des Ouvrages si justement estimés de M. Witz écrivent que, dans un moteur Otto, la détente peut être complète. Ont-ils donc mal compris les théories de M. Witz? Dans sa dernière Note, M. Witz considère comme « une imperfection du cycle réel subie dans la pratique » ce fait que l'échappement des gaz dans un moteur Otto commence à une pression H′ plus grande que la pression atmosphérique H; mais il ajoute que « cette imperfection ne saurait être prise comme type ». Si je ne commets pas d'erreur d'interprétation, cette phrase équivaut à l'énoncé suivant : Dans le diagramme théorique du moteur Otto, on doit supposer $H' = H$; si les diagrammes expérimentalement relevés marquent pour H′ une valeur supérieure à H, c'est uniquement parce que les conditions expérimentales s'écartent des conditions supposées par la théorie. Or justement j'ai montré dans ma première Note que l'égalité $H' = H$ était en contradiction avec les suppositions de la théorie.

» 3° M. Witz trouve indiscutable la formule du rendement.

$$\rho = \frac{c(T-\theta) - C(t-t')}{c(T-\theta)} = 1 - \gamma\frac{t-t'}{T-\theta} \qquad \text{[notations de M. Witz]}.$$

» Cette formule semble être donnée comme absolument générale pour les moteurs à explosion avec compression quel que soit le rapport entre la course de compression et la course de détente. Or, une telle formule est manifestement inexacte pour un moteur Otto. D'ailleurs, même pour un moteur du type Charon, elle n'est vraie que moyennant l'hypothèse de l'égalité à toutes les températures des chaleurs spécifiques des produits de la combustion et de celles du mélange gazeux primitif.

» 4° D'après M. Witz « un cycle théorique doit répondre, autant qu'il est possible, à la réalité des faits ». Or, la suite des modifications éprouvées par le mélange gazeux dans un moteur Otto ne peut constituer un cycle, puisque l'état final est différent de l'état initial; le diagramme théorique du moteur ne peut donc fournir un cycle et l'on ne peut l'étudier qu'en lui appliquant le principe de l'équivalence sous la forme qui convient aux transformations ouvertes. C'est en se plaçant à ce point de vue que l'on doit regarder la théorie généralement adoptée pour le moteur Otto et,

---

(1) Voir, par exemple, Alheilig et Roche, *Traité des machines à vapeur*, t. II, p. 294 (Paris, Gauthier-Villars).

plus généralement, pour les moteurs à gaz comme procédant d'une application inexacte des principes fondamentaux de la Thermodynamique. Si, par un heureux hasard et grâce à certaines approximations, elle conduit parfois à des résultats exacts, elle n'en est pas moins fondée sur des bases très fragiles. Il me semble que c'est faire œuvre utile que de rattacher cette théorie par des raisonnements logiques à des principes admis par tous. »

PHYSIQUE. — *Pendule à restitution électrique constante.* Note de M. **Ch. Féry**, présentée par M. Lippmann.

« Le pendule que j'ai l'honneur de présenter aujourd'hui à l'Académie est combiné de façon à se rapprocher autant que possible du pendule libre. Pour obtenir ce résultat, il est nécessaire de remplir certaines conditions, dont les deux premières ont été indiquées par M. Lippmann.

» Il faut :

» 1° Restituer au pendule sa force vive au moment où il a son maximum de vitesse, c'est-à-dire dans la verticale;

» 2° Diminuer autant que possible le collage électrique, sorte d'adhérence entre les points où l'on rompt le circuit. J'ai pu constater ce phénomène pour des courants inférieurs à $0^{amp},005$. Il m'a cependant été impossible de trouver la loi qui le régit, les effets observés étant très peu constants;

» 3° L'isochronisme du pendule ne doit pas être perturbé par le contact qui amène le courant;

» 4° La quantité d'énergie restituée à chaque oscillation doit être constante et indépendante de l'état de la pile qui est généralement employée comme source d'électricité.

» Pour satisfaire à cette dernière condition, mon pendule est actionné par un transformateur spécial donnant des courants induits transportant une quantité d'électricité indépendante de la pile et réglable à volonté.

» Ce transformateur se compose en principe de deux aimants A_1 et A_2 (*fig.* 1), munis chacun d'une armature de fer doux $C_1 d_1$ et $C_2 d_2$ réunies solidairement et constituant une palette pivotant en O.

» Cette palette, mobile dans l'axe de deux bobines fixes B_1 et B_2, donne naissance par son déplacement limité et réglable à des courants induits qui servent à actionner le pendule.

» L'une des bobines B_1 est motrice; elle reçoit, ainsi que l'indique le

montage, les courants alternativement renversés de la pile p et produit ainsi un mouvement alternatif de la palette.

» La seconde bobine B_2, qui constitue le secondaire de ce transformateur, est parcourue également par des courants alternés produisant à

Fig. 1.



chaque oscillation une quantité constante d'électricité qui est envoyée au pendule quand il passe par la verticale.

» L'impulsion brusque qui entretient le mouvement est donc due à la réaction de l'aimant NS fixé au pendule, sur la bobine fixe B recevant les courants du transformateur restituteur.

» Le calcul montre, et l'expérience vérifie, que pour obtenir le maximum d'amplitude avec un restituteur donné, il faut rendre égal à celui de l'air et de la suspension l'amortissement magnétique que le pendule éprouve par l'oscillation de l'aimant NS dans la bobine B.

» J'ai étudié également l'influence du ressort circulaire R amenant le courant à l'appareil, et j'ai trouvé qu'il était possible de lui donner un réglage tel que le pendule, qui avance normalement aux petits arcs et retarde aux grands, ait le retard maximum pour une amplitude moyenne.

» A ce moment du retard maximum, l'erreur due à une petite variation d'amplitude sera très faible; le pendule peut être rendu ainsi isochrone pour des arcs assez grands, ce qui augmente sa puissance réglante.

» Je dirai en terminant que la faible durée de passage du courant n'entraîne qu'une dépense très faible d'électricité correspondant à une intensité moyenne de $0^{amp},001$ sous 10 volts. L'usure annuelle de chaque pile n'est ainsi que de 20^{gr} de zinc. C'est là cependant un bien mauvais rende-

ment si l'on songe que le travail réellement absorbé par ce pendule qui est libre n'est que de $\frac{1}{40\,000\,000}$ de cheval. »

THERMOCHIMIE. — *Chaleur de neutralisation de l'eau oxygénée par la chaux.* Note de M. DE FORCRAND.

« Les trois bases alcalinoterreuses agissent à peu près de la même manière sur l'eau oxygénée. Mais avec la strontiane les précipités qui se forment sont si complètement insolubles, que je n'ai pu déterminer les chaleurs de neutralisation sans précipitation, comme je l'avais fait aisément avec la baryte ([1]).

» Si l'on emploie la chaux, les précipités ont une solubilité intermédiaire, ce qui permet d'en éviter la formation et de mesurer les chaleurs de neutralisation en opérant en liqueurs très étendues.

» Il faut seulement corriger les résultats obtenus de la dilution de la chaux ($56^{gr} = 50^{lit}$) par un égal volume d'eau distillée $+0^{Cal},80$, correction que j'ai faite déjà pour la baryte, bien qu'elle soit moins importante ($+0^{Cal},24$).

» Les expériences ont été faites entre $+14°$ et $+21°$.

» 1° *Action de* H^2O^2 (91^{lit}) *sur* CaO (50^{lit}). — Même avec cette très grande dilution, la liqueur ne reste limpide que pendant deux minutes, et au bout de ce temps le thermomètre indique un nouveau dégagement de chaleur qui correspond au précipité. Mais en partant des indications données à la première minute, on peut calculer la chaleur de neutralisation $+3^{Cal},96$ pour CaO.

» 2° *Action de* $2H^2O^2$ (91^{lit}) *sur* CaO (50^{lit}). — Le trouble apparaît seulement après la troisième minute. On trouve, pour la neutralisation sans précipation, $+7^{Cal},422$ pour CaO.

» 3° *Action de* $3H^2O^2$ (68^{lit}) *sur* CaO (50^{lit}). — Mêmes phénomènes. J'ai obtenu $+8^{Cal},682$.

» 4° *Action de* $6H^2O^2$ (136^{lit}) *sur* CaO (50^{lit}). — Mêmes phénomènes, J'ai trouvé $+10^{Cal},00$.

» 5° *Action de* $10H^2O^2$ (228^{lit}) *sur* CaO (50^{lit}). — La liqueur reste claire. Chaleur de neutralisation $+12^{Cal},127$.

» 6° *Action de* $15H^2O^2$ (171^{lit}) *sur* CaO (50^{lit}). — La liqueur se trouble à peine à la troisième minute. J'ai obtenu $+12^{Cal},445$.

» Si l'on construit, avec ces données, la courbe des chaleurs dégagées

---

([1]) *Comptes rendus*, t. CXXX, p. 716.

pour les quantités croissantes d'eau oxygénée : 1, 2, 3, 6, 10, 15 molécules, on trouve qu'elle se compose de trois portions droites formant des angles très nets, l'un au point $2H^2O^2$, l'autre au voisinage du $10H^2O^2$.

» C'est donc la même conclusion qu'avec la baryte.

» Bien plus, lorsqu'on construit sur la même feuille les deux courbes, on trouve qu'elles se confondent absolument dans toutes leurs parties. Les différences atteignent au plus $0^{Cal},2$ à $0^{Cal},3$; elles sont négligeables et de l'ordre des erreurs d'expériences, pour des dissolutions aussi étendues.

» En outre, à partir de $10H^2O^2$ la courbe devient, dans les deux cas, une droite presque horizontale, ce qui montre qu'il ne se forme pas de nouveau composé.

» On obtient donc, avec la chaux comme avec la baryte, en dissolutions étendues, deux combinaisons successives : l'une très riche en oxygène, qui n'a pas été isolée, peroxyde instable ou peut-être combinaison $CaO^2 + 9H^2O^2$, l'autre qui serait $CaO, 2H^2O^2$ ou CaO^2, H^2O^2 ou encore CaO^3, nH^2O.

» Cette dernière est analogue au composé connu BaO^2, H^2O^2 :

$$Ca\begin{cases} O - OH \\ O - OH \end{cases}$$

sorte de diacide très faible.

» Lorsqu'on ajoute CaO dissous à la dissolution de ce corps, on sature les deux OH et on revient au système $2CaO^2$.

» Cette action dégage $2 \times 3{,}96 - 7{,}42$, soit $0^{Cal},50$ ou $+0^{Cal},25$ en moyenne pour chacun des deux OH du composé CaO^4H^2.

On peut encore écrire les résultats précédents $+3{,}96$ et $+7{,}42$ sous la forme suivante :

$$H^2O^2 \text{ dissous} + \frac{CaO}{2} \text{ dissous} = \frac{Ca}{2}O - OH \text{ dissous} \ldots\ldots\ldots\ldots \quad +3^{Cal},71$$

$$\frac{Ca}{2}O - OH \text{ dissous} = \frac{CaO}{2} \text{ dissous} = \frac{Ca}{2}O - O\frac{Ca}{2} \text{ dissous} \ldots\ldots \quad +0{,}25$$

$$\text{soit comme moyenne } \frac{3{,}96}{2} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad +1{,}98$$

» Avec la baryte j'avais trouvé comme moyenne + 2,175, nombre très voisin, pour la valeur de neutralisation de la fonction de l'eau oxygénée.

» Je reviendrai prochainement sur les résultats qu'on obtient lorsqu'on provoque la formation des précipités de peroxyde de calcium hydraté en liqueurs plus concentrées. »

CHIMIE MINÉRALE. — *Solubilité d'un mélange de sels ayant un ion commun.* Note de M. **Charles Touren** [1], présentée par M. Troost.

« *Chlorure et bromure de potasssium.* — Les expériences ont été faites dans les mêmes conditions que mes expériences précédentes sur l'azotate et le chlorure, l'azotate et le bromure de potassium [2].

» Pour analyser une solution contenant du chlorure et du bromure, je dose par évaporation la somme des sels contenus dans 10^{cc}, puis le nombre total de molécules de chlore et de brome par une solution titrée d'argent, ce qui permet de calculer les proportions de chlorure et de bromure. Pour un certain nombre d'expériences, j'ai vérifié les nombres obtenus en dosant le chlorure seul; pour cela, je chasse le brome de la solution par le procédé de MM. Baubigny et Rivals [3], en ajoutant des quantités convenables de sulfate de cuivre et de permanganate de potassium, faisant passer un courant d'air et chauffant au bain-marie jusqu'à ce que tout le brome ait disparu, et je dose alors le chlore par pesée à l'état de chlorure d'argent.

» 1° *Solubilité du chlorure de potassium solide dans des solutions de concentrations croissantes de bromure.* — Je me proposais d'examiner si la loi de M. Nernst serait vérifiée, c'est-à-dire si des solutions équivalentes de nitrate et de bromure abaisseraient de la même quantité la solubilité du chlorure. La loi n'est pas vérifiée, et il se présente ici un fait nouveau.

» Voici les nombres de molécules par litre obtenus pour la température de 25°,2 :

Teneur en bromure....	0	0,49	0,85	1,31	1,78	2,25	2,69
Chlorure dissous.......	4,18	3,85	3,58	3,19	2,91	2,58	2,33

» On peut représenter ces résultats par une courbe tracée portant en abscisses le nombre de molécules de chlorure et en ordonnées le nombre de molécules de bromure. La courbe ainsi obtenue ne coïncide pas avec la courbe CB de mon diagramme précédent.

» 2° *Solubilité du bromure solide dans les solutions de chlorure.* — A 25°,2 on a les résultats suivants :

Teneur en chlorure...	0	0,67	0,81	1,35	1,48	1,61	1,70	2,46	3,775
Bromure dissous.....	4,761	4,22	4,15	3,70	3,54	3,42	3,34	2,50	0,525

---

(1) Travail fait au laboratoire de Chimie de l'École Normale supérieure.

(2) *Comptes rendus,* 2 avril 1900.

(3) *Comptes rendus,* t. CXXIV, p. 859 et 954; t. CXXV, p. 527 et 607.

» D'où une nouvelle courbe.

» Les deux courbes qu'on peut tracer ainsi ne se coupent pas en un point anguleux, comme celles que j'avais eues précédemment, mais, au contraire, se superposent et forment une seule courbe continue. En effet, les deux derniers points de la seconde courbe se trouvent sur la portion tracée de la première courbe.

» Cette propriété nouvelle des deux courbes entraîne comme conséquence nécessaire que le chlorure et le bromure de potassium sont isomorphes et peuvent se remplacer en proportions quelconques. La solution n'est à aucun instant saturée par rapport aux deux sels à la fois, c'est-à-dire qu'il n'y a jamais en contact avec la solution les deux sels solides différents, ce qui correspondrait au point anguleux du cas précédent. En équilibre avec la solution et la vapeur, il n'y a pas deux phases solides différentes, mais une seule phase solide qui est un mélange isomorphe de chlorure et de bromure pouvant présenter graduellement toutes les compositions intermédiaires entre le chlorure pur et le bromure pur. La température étant fixée et le nombre des composants indépendants étant de trois, on a en équilibre toujours trois phases différentes seulement, et le degré de liberté du système est de un.

» Pour l'azotate et le chlorure de potassium, par exemple, il y avait lieu de considérer la solubilité du mélange des deux sels solides employés tous deux en excès, et l'on obtenait toujours un même point : le point anguleux commun aux deux courbes, ceci quelles que fussent les proportions d'azotate et de chlorure employées. Au contraire, ici, quelles que soient les quantités des deux sels et d'eau mises en présence, on ne peut jamais réaliser en équilibre les deux sels et la solution; ce qu'on réalisera ce sera un équilibre entre la vapeur, la solution et des cristaux mixtes de composition définie. Donc, en mettant au contact d'eau pure des quantités des deux sels en proportions différentes, on aura des points différents de la courbe [1]. Ce cas ne peut se présenter que pour deux corps donnant un mélange isomorphe.

---

(1) Voici, par exemple, trois expériences faites avec 80^{cc} d'eau à 25°,2. Si l'on y ajoute 20^{gr} de chlorure et 50^{gr} de bromure, on a sur la courbe le point de coordonnées 1,83 — 3,22. Avec 20^{gr} de chlorure et 35^{gr} de bromure, on a le point 2,15 — 2,89, et avec 40^{gr} de chlorure et 35^{gr} de bromure, le point 2,60 — 2,30. Et je me suis assuré, dans les trois cas, qu'il y a dans le mélange solide qui est en contact avec la solution du chlore et du brome.

» Ainsi, l'étude de la solubilité d'un mélange de sels peut permettre de reconnaître que deux sels sont isomorphes, alors que des preuves directes peuvent être difficiles à donner. C'est là une application intéressante de la règle des phases. »

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action de l'isocyanate de phényle et de l'aniline sur quelques acides γ-cétoniques* [1]. Note de M. T. **Klobb.**

« J'ai établi dans un travail précédent que, lorsqu'on cherchait à produire l'anilide de l'acide méthylphénylbutanonoïque, une partie de cette anilide se convertissait, au cours de la préparation, en un dérivé

$$C^6H^5 - \underline{C = CH - CH(CH^3) - CO - Az}C^6H^5$$

du groupe des pyrrolones. L'acide phénylbutanonoïque, qui ne diffère du précédent que par CH^2 en moins, ne donne pas de pyrrolone, mais un corps coloré, d'un poids moléculaire double $C^{32}H^{26}Az^2O^2 = 2\,(C^{16}H^{13}AzO)$ auquel j'ai assigné une formule de constitution probable.

» Je me suis proposé d'étendre ces réactions à quelques acides de même constitution, mais avec des groupes substituants différents.

» L'acide *tollylbutanonoïque* $CH^3 - C^6H^4 - CO - CH^2 - CH^2 - CO^2H$ est chauffé à 200° avec la quantité théorique d'isocyanate de phényle jusqu'à ce qu'il ne se dégage plus de CO^2. Par une série de cristallisations on peut isoler du produit de la réaction l'anilide, en feuillets nacrés blancs fondant à 147° et, comme produit principal, un dérivé qui cristallise en aiguilles jaune d'or fusibles à 204° et qui répond à la formule $C^{34}H^{30}Az^2O^2$; c'est le polymère de la pyrrolone $C^{17}H^{15}AzO$. Quant à cette dernière, on n'a pas observé sa formation.

» L'acide *triphénylbutanonoïque* $C^6H^5 - CO - CH^2 - C(C^6H^5)^2CO^2H$, traité par deux molécules d'isocyanate à 100°, se transforme en *triphénylbuténolide*

$$C^6H^5 - \underline{C = CH - C(C^6H^5)^2 - CO - O}$$

déjà obtenue par Japp et Klingemann [2], en même temps qu'il se fait de la carbanilide, comme dans le cas général. Mais en chauffant ensuite à 200°, la carbanilide ne réagit pas sur la lactone, comme on pouvait s'y attendre, suivant l'équation :

$$C^6H^5 - \underline{C = CH - C(C^6H^5)^2 - CO - O} + CO\begin{matrix}\diagup AzHC^6H^5\\ \diagdown AzHC^6H^5\end{matrix}$$
$$= CO^2 + AzH^2C^6H^5 + C^6H^5 - \underline{C = CH - C(C^6H^5)^2 - CO - Az}C^6H^5.$$

---

(1) École supérieure de Pharmacie de l'Université de Nancy.

(2) *Journ. of the chemical Soc.*; 1890.

» Pour obtenir la pyrrolone, il faut chauffer en tube scellé, pendant six heures, à 180°-200°, 12gr d'acide et 3gr,4 d'aniline. Le produit de la réaction cristallise presque aussitôt lorsqu'on le met en contact avec de l'alcool. Après purification dans le même dissolvant on obtient des lamelles fusibles à 133°-134°; c'est la *tétraphénylpyrrolone* 1.3.3.5... :

$$C^6H^5 - \underline{C = CH - C(C^6H^5)^2 - CO - Az}C^6H^5.$$

» Au sein du benzène elle cristallise en prismes clinorhombiques (PF. 115°) qui retiennent 1 molécule de C^6H^6. Du sein de l'alcool, elle se sépare à l'état de pureté et donne des cristaux de deux sortes, les uns du système clinorhombique, les autres du système hexagonal. Les cristaux hexagonaux fondent 10° plus bas que les autres, soit 123°-124°. C'est là un cas de dimorphisme bien caractérisé, que Tutton, d'ailleurs, a observé sur plusieurs pyrrolones (1). La tétraphénylpyrrolone se forme aussi par combinaison directe de l'aniline avec la triphénylbuténolide. Dans les mêmes conditions, la phénylbuténolide ne donne que de l'anilide, ainsi que je m'en suis assuré. On voit clairement ici que la présence des deux groupes C^6H^5 en 3.3. favorise la fermeture de la chaîne.

» L'acide *diphénacylacétique* $(C^6H^5 - CO - CH^2)^2 = CH - CO^2H$, chauffé avec précaution avec de l'isocyanate, donne un anhydride fusible à 162° auquel l'analyse et une détermination cryoscopique permettent d'assigner la formule $C^{18}H^{14}O^3$; c'est l'olide

$$\begin{array}{l} \qquad\qquad C^6H^5 - CO - CH^2 \\ \qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\quad | \\ C^6H^5 - \underline{C = CH - CH - CO - O}, \end{array}$$

que la potasse dissout assez facilement en reproduisant l'acide primitif. En chauffant à une température plus élevée avec la carbanilide formée en même temps, l'olide se détruit, mais sans formation d'anilide ou de pyrrolone. Celle-ci s'obtient par action directe de l'acide sur l'aniline; c'est la 1,5-*diphényl, 3-phénacylpyrrolone*

$$\begin{array}{l} \qquad\qquad C^6H^5 - CO - CH^2 \\ \qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\quad | \\ C^6H^5 - \underline{C = CH - CH - CO - Az}C^6H^6, \end{array}$$

qui fond à 140°. Dans d'autres opérations, on a obtenu un dérivé bien cristallisé aussi, de la couleur de l'acide chromique et qui possède la même composition centésimale que la pyrrolone; c'est le polymère $C^{48}H^{38}Az^2O^4$, comparable à ceux qui donnent les acides précédents. Mais ce polymère jouit, en outre, de la propriété remarquable de se transformer partiellement, par simple cristallisation dans l'alcool, en un dérivé incolore, à réaction acide et fondant à 280°, dont l'étude n'est pas encore faite. Les rendements sont d'ailleurs assez faibles et la réaction capricieuse.

» De ce Travail on peut tirer quelques conclusions :

» 1° Les acides γ-cétoniques considérés se transforment, sous l'in-

(1) *Journ. of the chemical Soc.*; 1890.

fluence de l'isocyanate de phényle, en anhydrides acides, anilides et pyrrolones;

» 2° Lorsque l'anhydride acide est une olide, celle-ci ne réagit plus ultérieurement sur la carbanilide comme les anhydrides acycliques étudiés par M. Haller (1); il faut alors avoir recours à l'aniline;

» 3° Lorsque ces acides renferment deux groupes CH^2 non substitués, il se forme, en outre, des polymères colorés des pyrrolones, ou plus exactement des corps qui dérivent de la soustraction de 2 molécules d'eau à 2 molécules d'anilide. Dans ce cas, l'anilide ou la pyrrolone peuvent manquer plus ou moins complètement. »

CHIMIE ORGANIQUE. — *Nouveaux dérivés mercuriques halogénés de l'antipyrine.* Note de MM. **J. Ville** et **Ch. Astre**, présentée par M. Armand Gautier.

« Dans une Note précédente (2), nous avons décrit une nouvelle combinaison chlorurée mercurique de l'antipyrine répondant à la formule $(C^{11}H^{12}Az^2O)^2HgCl^2HCl$. Dans des conditions expérimentales analogues, nous avons obtenu les combinaisons bromurée et iodurée correspondantes.

» *Combinaison bromurée.* — Lorsqu'on fait arriver de l'acide bromhydrique gazeux dans une solution renfermant de l'antipyrine, du bromure de potassium et du bromure mercurique, on observe la formation d'un abondant précipité blanc cristallisé. On arrive au même résultat plus commodément en opérant avec de l'acide acétique.

» On dissout, d'une part, 18gr de bromure mercurique avec une fois et demie son poids de bromure de potassium dans 300cc d'eau, et, d'autre part, 30gr d'antipyrine dans 300cc d'eau; les deux solutions sont mélangées et, à la liqueur limpide provenant de ce mélange, on ajoute, peu à peu et en agitant, de l'acide acétique au dixième tant qu'il y a précipitation. Le corps obtenu se présente sous forme de lames et de tables rhomboïdales; bien lavé et desséché dans le vide, il ne renferme pas d'eau de cristallisation. L'analyse y décèle les éléments de deux molécules d'antipyrine, d'une molécule de bromure mercurique et d'une molécule d'acide bromhydrique :

Trouvé en centièmes........ (I) Hg, 23,95; Br, 29,12; (II) Hg, 24,35; Br, 28,78
Théorie pour $(C^{11}H^{12}Az^2O).HgBr^2, HBr$.................. Hg, 24,48; Br, 29,37

» En dehors de sa composition ce bromhydromercurate présente des

(1) *Comptes rendus*, 1892, 1er semestre; 1893, 1er semestre.
(2) *Comptes rendus*, t. CXXX, p. 837.

caractères qui le distinguent nettement du bromure de mercure et d'antipyrine $C^{11}H^{12}Az^2O.HgBr^2$ décrit par C. Schuyten [1]. Il fond à 115°-116°. A peu près insoluble dans l'éther et le benzène, faiblement soluble dans l'eau, il se dissout un peu plus facilement dans l'alcool et le chloroforme.

» La solution aqueuse de ce corps donne un précipité noir peu abondant avec l'hydrogène sulfuré. La soude ainsi que le carbonate et le bicarbonate sodiques ne produisent aucun louche apparent, la formation simultanée de bromure de potassium maintenant dissous les précipités que le dérivé mercurique tend à former. Le même fait s'observe avec le ferrocyanure de potassium; toutefois, la solution aqueuse du produit, traitée par ce réactif, se colore rapidement, même à froid, en bleu verdâtre. L'ammoniaque donne un précipité floconneux jaunâtre; l'iodure de potassium, un précipité blanc jaunâtre, soluble dans un excès de réactif; le chlorure stanneux, un précipité blanc qui brunit très rapidement.

» Ce corps est attaqué à froid par l'acide sulfurique concentré avec dégagement d'acide bromhydrique, dégagement qui s'accentue à chaud, mais sans formation de vapeurs de brome. Cette absence de brome est également constatée quand on traite le corps par l'acide sulfurique et le bioxyde de manganèse; elle doit être attribuée à la fixation de cet élément sur le noyau antipyrique; en effet, quand on broie la substance avec un peu de solution de brome dans le bromure de potassium, la coloration rouge brun disparaît peu à peu.

» La solution aqueuse de ce corps, additionnée de nitrite de sodium et d'acide acétique, donne la coloration bleu verdâtre caractéristique de l'antipyrine.

» *Composé ioduré.* — Malgré de nombreux essais, C. Schuyten n'a pu préparer le composé ioduré correspondant aux dérivés mercuriques halogénés $C^{11}H^{12}Az^2O.HgR^2$. Nous avons obtenu, au contraire, la combinaison iodurée analogue aux composés chloruré et bromuré précédemment décrits, en traitant, par de l'acide iodhydrique gazeux ou plus commodément par de l'acide acétique, une solution contenant de l'antipyrine avec de l'iodure mercurique et de l'iodure de potassium.

» On dissout 22gr d'iodure mercurique avec une fois et demie son poids d'iodure de potassium dans un demi-litre d'eau et l'on y ajoute une solution de 30gr d'antipyrine dans 500cc d'eau. Ce mélange donne une liqueur limpide, légèrement colorée en jaune, dans laquelle on verse, peu à peu, en agitant, de l'acide acétique au dixième tant qu'il

---

[1] *Bulletin de l'Académie royale de Belgique*, 3e série, t. XXXIII, p. 825; 1897.

se forme un précipité. On obtient un produit cristallisé en lames et tables rhomboïdales, qui, par suite de la modification de certains angles, affectent une forme hexagonale. Ce corps lavé et desséché dans le vide est anhydre. Il répond à la constitution $(C^{11}H^{12}Az^{2}O)^{2}.HgI^{2}, HI$.

Trouvé en centièmes........ (I) Hg, 21,06; I. 39,81; (II) Hg, 20,01; I, 39,28
Théorie pour $(C^{11}H^{12}Az^{2}O)^{2}.HgI^{2}, HI$.................... Hg, 20,88; I, 39,77

» Ce corps fond à 119°-120°. Presque insoluble dans l'éther et le benzène, très peu soluble dans l'eau, il se dissout un peu mieux dans l'alcool et le chloroforme. Un excès d'eau le dissocie en partie avec mise en liberté d'iodure rouge de mercure.

» De même que pour le dérivé bromuré, la solution aqueuse de ce corps ne donne rien d'apparent quand on la traite par de la soude ou par le carbonate et le bicarbonate sodiques, l'iodure alcalin simultanément formé maintenant dissous les précipités que le dérivé mercurique tend à produire dans ces conditions. L'hydrogène sulfuré colore la solution aqueuse avec formation d'un précipité noir très peu abondant à cause de la faible concentration de la liqueur. L'ammoniaque donne un louche jaunâtre à fluorescence verte, le liquide paraît rose par transparence. L'iodure de potassium ne fait naître aucun précipité; après un temps assez long, la solution présente une nuance légèrement verdâtre. Avec le chlorure stanneux, il se forme un précipité blanc jaunâtre qui se dissout, sans brunir, dans un excès de réactif; à l'ébullition, le précipité devient grisâtre.

» Au contact de l'acide sulfurique concentré, cet iodhydromercurate devient immédiatement rouge brun et donne, dès que l'on chauffe, d'abondantes vapeurs violettes d'iode, en même temps qu'une petite quantité des fumées d'acide iodhydrique. Ce dégagement d'iode s'observe également par l'action de l'acide sulfurique et du bioxyde de manganèse.

» La solution aqueuse de ce corps, additionnée de quelques gouttes de nitrite de sodium et acidulée par de l'acide acétique, présente après quelques instants, malgré sa faible concentration, la coloration bleu verdâtre caractéristique de l'antipyrine.

» Les composés que nous venons de décrire ont même constitution que la combinaison chlorurée correspondante [1]. »

---

[1] *Comptes rendus*, t. CXXX, p. 840.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'acétylphénylacétylène et sur le benzoylphénylacétylène.* Note de MM. **Ch. Moureu** et **R. Delange**, présentée par M. H. Moissan.

« En traitant le phénylacétylure de sodium par le chlorure d'acétyle et le chlorure de benzoyle, M. Nef ([1]) a obtenu récemment deux acétones à fonction acétylénique, l'acétylphénylacétylène,

$$C^6H^5 - C \equiv C - CO - CH^3,$$

et le benzoylphénylacétylène

$$C^6H^5 - C \equiv C - CO - C^6H^5.$$

» Au cours de recherches commencées l'an dernier, nous avions déjà observé que les dérivés sodés de l'œnanthylidène et du phénylacétylène donnaient des produits de condensation avec les chlorures et les anhydrides d'acides, les aldéhydes, les acétones, l'acide sulfureux et divers autres corps. Entre temps, M. Nef communiquait son intéressant travail sur le phénylacétylène. Nos recherches confirment celles du savant américain. Comme ce dernier, nous avons obtenu, notamment, par hydratation des cétones acétyléniques sus-indiquées au moyen de l'acide sulfurique, les dicétones β correspondantes, qui sont la benzoylacétone

$$C^6H^5 - CO - CH^2 - CO - CH^3$$

et le dibenzoylméthane $C^6H^5 - CO - CH^2 - CO - C^6H^5$.

» Voici maintenant des expériences toutes différentes sur les mêmes composés.

» La potasse, qui est sans action à froid sur l'acétylphénylacétylène et sur le benzoylphénylacétylène, attaque ces corps à chaud en dédoublant leur molécule.

» *Acétylphénylacétylène* $C^6H^5 - C \equiv C - CO - CH^3$. — Quand on chauffe à reflux l'acétylphénylacétylène avec de la potasse en solution aqueuse en excès, le corps s'attaque rapidement. Au bout de deux heures, si l'on fait passer dans le ballon à réaction un courant de vapeur d'eau, on entraîne une huile légère qui n'est autre que du phénylacétylène $C^6H^5 - C \equiv CH$. Cette huile, en effet, après dessiccation sur le

---

([1]) *Ann. der Chem. und Pharm.* (1899).

chlorure de calcium, distille presque tout entière entre 140° et 145° (point d'ébullition du phénylacétylène, 142°); traitée par le réactif de Béhal (nitrate d'argent en solution alcoolique) employé en excès, elle fournit la quantité sensiblement théorique du composé argentique $C^6H^5 - C \equiv CAg + AgAzO^3$, dont la teneur en argent a d'ailleurs été contrôlée par le dosage du métal.

» D'autre part, le titrage acidimétrique de la liqueur alcaline montre que, dans la réaction, une molécule de potasse a été à peu près exactement neutralisée.

» Si l'on ajoute à cette liqueur un léger excès d'acide sulfurique, et qu'on dirige dans la masse un courant de vapeur d'eau, on recueille à la distillation une solution aqueuse pure d'acide acétique $CH^3 - CO^2H$. L'identité de cet acide a été prouvée par la réaction de cacodyle et l'analyse du sel d'argent.

» On voit donc que l'action de la potasse a pour effet de dédoubler l'acétylphénylacétylène, par hydrolyse, en acide acétique et phénylacétylène, conformément à l'équation suivante :

$$\underbrace{C^6H^5 - C \equiv C - CO - CH^3}_{\text{Acétylphénylacétylène.}} + KOH = \underbrace{CH^3 - CO^2K}_{\text{Acétate de potasse.}} + \underbrace{C^6H^5 - C \equiv CH.}_{\text{Phénylacétylène.}}$$

» Ajoutons que la potasse en solution alcoolique attaque également l'acétylphénylacétylène; mais le corps est entièrement détruit avec production de matières goudronneuses.

» *Benzoylphénylacétylène* $C^6H^5 - C \equiv C - CO - C^6H^5$. — La potasse en solution aqueuse bouillante et en excès attaque le benzoylphénylacétylène, mais beaucoup plus lentement que l'acétylphénylacétylène : après cinq ou six heures, on retrouve intacte une partie notable du produit. Si, au bout de ce temps, on traite la masse par un courant de vapeur d'eau, celle-ci entraîne une huile à odeur aromatique qui ne précipite pas par le réactif de Béhal, preuve qu'elle ne renferme pas de phénylacétylène; par contre, traitée en solution hydroalcoolique par le chlorhydrate de semi-carbazide et l'acétate de soude, elle fournit une semi-carbazone cristallisée en beaux feuillets blancs, brillants, légers, fondant à 196°-197°, identiques à la semi-carbazone de l'acétophénone $C^6H^5 - \underset{\displaystyle \| \atop \displaystyle Az - AzH - COAzH^2}{C} - CH^3$, ainsi que nous nous en sommes assurés en identifiant notre produit avec la semi-carbazone de l'acétophénone spécialement préparée à cet effet.

» Quant à la liqueur alcaline, si on l'acidule, après concentration, par l'acide chlorhydrique, on précipite de l'acide benzoïque $C^6H^5 - CO^2H$ sous la forme d'aiguilles blanches fusibles à 121°.

» Nous pouvons dès lors représenter par l'équation suivante le dédoublement, sous l'influence de la potasse en solution aqueuse, du benzoylphénylacétylène en acide benzoïque et acétophénone

$$\underbrace{C^6H^5 - C \equiv C - CO - C^6H^5}_{\text{Benzoylphénylacétylène.}} + KOH + H^2O = \underbrace{C^6H^5 - CO - CH^3}_{\text{Acétophénone.}} + \underbrace{C^6H^5 - CO^2K.}_{\text{Benzoate de potasse.}}$$

» La potasse agit beaucoup plus rapidement en solution alcoolique qu'en solution

aqueuse : au bout de deux heures, la réaction est complète. Un titrage alcalimétrique de la liqueur indique qu'une molécule de potasse a été saturée. Comme précédemment, on trouve que l'acétophénone et l'acide benzoïque sont les deux produits de la réaction.

» *En résumé*, sous l'influence des alcalis à l'ébullition, l'acétylphénylacétylène, cétone à fonction acétylénique $C^6H^5 - C \equiv C - CO - CH^3$, se dédouble en acide acétique $CH^3 - CO^2H$ et phénylacétylène

$$C^6H^5 - C \equiv CH;$$

et le benzoylphénylacétylène, autre cétone acétylénique,

$$C^6H^5 - C \equiv C - CO - C^6H^5,$$

se dédouble en acide benzoïque $C^6H^5 - CO^2H$ et acétophénone

$$C^6H^5 - CO - CH^3.$$

» Remarquons que ces deux réactions, différentes en apparence, peuvent être ramenées au même type. Quand la potasse agit sur l'acétylphénylacétylène, elle a simplement pour effet de dédoubler la molécule par hydrolyse. Dans le cas du benzoylphénylacétylène, le dédoublement est précédé de la fixation d'une molécule d'eau sur le produit, avec formation de dibenzoylméthane $C^6H^5 - CO - CH^2 - CO - C^6H^5$, dicétone β que l'alcali décompose ensuite normalement en acide benzoïque et acétophénone

$$\underbrace{C^6H^5-CO-CH^2-CO-C^6H^5}_{\text{Dibenzoylméthane.}}+KOH=\underbrace{C^6H^5-CO-CH^3}_{\text{Acétophénone.}}+\underbrace{C^6H^5-CO^2K.}_{\text{Benzoate de potasse.}}$$

» Les deux réactions qui précèdent nous paraissent susceptibles de généralisation. Nous nous proposons de préparer quelques acétones à fonction acétylénique dérivant d'autres carbures, afin d'essayer sur ces différents composés l'action des alcalis. »

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la stabilité des solutions de saccharose.* Note de M. ŒCHSNER DE CONINCK [1].

« 1. J'ai montré récemment (*Comptes rendus*, séance du 2 janvier 1900) que, si l'on faisait passer un courant d'air suffisamment prolongé dans

[1] Travail fait à l'Institut de Chimie de la Faculté des Sciences de Montpellier.

une solution hydro-alcoolique de benzophénone, celle-ci n'était pas oxydée, mais partiellement transformée en une modification allotropique.

» J'ai soumis au même traitement une solution renfermant 5^{gr} de saccharose pur et cristallisé pour 100^{cc} d'eau distillée neutre. Avant d'être dissous, le sucre avait été soumis, dans une étuve, à la température de $110°$-$115°$ pendant vingt minutes environ; l'eau distillée avait été stérilisée par l'ébullition.

» L'appareil dont je me suis servi se composait d'une première fiole (A), renfermant une solution de sublimé corrosif dans l'eau légèrement alcoolisée; pour y pénétrer, l'air était obligé de traverser une couche de coton. La fiole (A) se trouvait en communication avec une seconde fiole (B) plus large, et celle-ci avec une troisième fiole (C) plus petite et renfermant la solution sucrée. Les fioles avaient été stérilisées à l'eau bouillante; les tubes adducteurs et les caoutchoucs servant à les relier avaient été lavés à plusieurs reprises avec une solution de sublimé. A la suite de la fiole (C) se trouvait l'aspirateur. Un écran métallique empêchait les rayons du soleil d'arriver jusqu'à l'appareil; en outre, la fiole (C) était entourée d'un papier blanc, de telle manière qu'une lumière diffuse, très tamisée, pût seule pénétrer dans la partie la plus élevée du col.

» L'appareil étant ainsi disposé, j'ai fait passer un courant d'air très lent et très régulier pendant quinze jours; au bout de ce temps, 300^{lit} d'air avaient traversé la solution de saccharose, dont la température n'avait jamais dépassé $16°$. Une partie de cette solution a été prélevée, avec les précautions ordinaires, au moyen d'une pipette stérilisée à l'eau bouillante, et mise en contact avec le double de son volume de liqueur de Fehling récemment préparée. Même au bout de trente-six heures, je n'ai pu observer traces de réduction. Un second essai a donné le même résultat.

» 2. En présence de ces faits, j'ai pris le parti de continuer l'expérience. Mais, après avoir fait passer, dans les mêmes conditions, 10^{lit} d'air, je me suis aperçu que l'un des caoutchoucs était fissuré, et que de l'air, non aseptisé, avait pénétré dans la solution. Une expérience montra, effectivement, que cette dernière commençait à réduire nettement la liqueur de Fehling; après le passage de dix autres litres d'air, l'intensité de la réduction avait sensiblement augmenté; en même temps, il se développait dans la liqueur des moisissures en filaments extrêmement ténus. J'ai fait passer encore 180^{lit} d'air, et j'ai observé que l'intensité de la réduction

passait par un maximum. Pendant cette dernière partie de l'expérience, la réaction de la solution était devenue faiblement acide.

» 3. Outre ce changement, on pouvait observer la transformation progressive des moisissures en une masse transparente, d'un certain volume, ayant la consistance et la mobilité d'une gelée, et occupant le fond de la fiole; quelques bulles gazeuses s'en détachaient de temps à autre et se dissolvaient dans la liqueur. Les essais suivants ont été alors institués : une partie de la liqueur chauffée a laissé dégager de l'anhydride carbonique; une autre partie a été distillée dans un appareil bien fermé; les premières portions recueillies renfermaient de l'alcool, dont la présence fut vérifiée par la méthode toxicologique de Dragendorff. Je n'ai trouvé, dans le liquide primitif, *ni aldéhyde, ni glycol, ni glycérine, ni acide succinique, ni acide oxalique*.

» *Conclusion*. — On voit que la solution aqueuse de saccharose, soigneusement maintenue à l'abri des radiations solaires et de l'action des moisissures, et à la température ordinaire, présente une stabilité relativement grande, même en présence d'influences oxydantes légères. Aussitôt que les moisissures entrent en jeu, deux catégories de transformations s'opèrent : d'abord l'inversion, puis une fermentation produisant du gaz carbonique et de l'alcool éthylique. »

CHIMIE ORGANIQUE. — *Étude de l'hydrolyse du tissu fibreux*. Note de M. A. **Étard**, présentée par M. Duclaux.

« A l'action de l'acide sulfurique sur la colle, étudiée par Braconnot en 1820, remontent nos premières connaissances sur la constitution des albuminoïdes et la découverte du glycocolle et de la leucine.

» Schützemberger, en 1879, après des travaux aussi nombreux que remarquables, réalisa une nouvelle hydrolyse des albuminoïdes par l'hydrate de baryum, démontra, avec plus de certitude que ses prédécesseurs, la présence des acides amidés parmi les débris moléculaires des protéides, et surtout affirma la présence de corps plus complexes et plus oxygénés : les glucoprotéines.

» Il faut remarquer toutefois que l'action des alcalis à 160°-200° a de grandes chances de dépasser le rôle d'agent d'hydratation pour produire secondairement les acides carbonique, acétique et surtout oxalique, si abondamment formés dans ces circonstances. La présence de ces acides

ne prouvera en rien qu'il y ait des racines d'oxamide, d'urée ou de purines dans la constitution des albumines; ils se forment aussi bien dans l'oxydation alcaline des saccharides. Schützemberger a constaté (*Annales de Chimie et de Physique*, t. XVI, p. 289; 1879) que ces glucoprotéines étaient d'autant plus abondantes qu'une action barytique faible avait engendré moins d'acide oxalique. Elles sont, selon lui, les produits primordiaux du dédoublement des albumines par les alcalis sous pression.

» Pour l'examen de divers tissus animaux, je suis revenu à l'hydrolyse sulfurique, me proposant de rechercher la nature de leurs molécules chimiques de décomposition et celle des glucoprotéines.

» Partant de 1^{kg} de ligament sus-épineux de bœuf à l'état sec, on arrive pratiquement à obtenir $1^{kg},165$ de matières sucrées sèches, après vingt-quatre heures d'ébullition avec de l'acide sulfurique à 20 pour 100, saturation par la craie et évaporation.

» La matière première ainsi obtenue est cristalloïde à la façon du miel dur, peu colorée et très sucrée. En agissant sur des quantités notables, il est possible de séparer des solutions aqueuses des dépôts successifs A, B, C, de plusieurs centaines de grammes chacun, faciles à essorer et dont la composition brute après dessiccation dans le vide est utile à connaître.

	A.	B.	C.	Albumine.	Leucine.
C...........	48,9	48,2	45,5	52,8	54,9
H...........	8,1	7,9	7,7	7,1	9,9
Az..........	11,0	11,4	11,9	16,5	10,7
O...........	32,0	32,5	34,9	23,6	24,5
	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

» Ce premier essai et ces analyses montrent la possibilité d'un fractionnement efficace en milieu aqueux et, en outre, qu'une forte hydratation réduit à moins de 12 le chiffre d'azote 16,5 caractéristique des albuminoïdes.

» Pour un premier travail de recherche, les choses se passent comme si le tissu fibreux, étant $C^{48}H^{78}Az^{13}O^{16}$, fixait $10H^2O$ sans perdre autre chose que de l'ammoniaque :

$$\underset{52,8\ \%.}{C^{48}}\ \underset{7,1.}{H^{78}}\ \underset{16,7.}{Az^{13}}\ \underset{23,4.}{O^{16}} + 10H^2O = \underset{16,4.}{3AzH^3} + \underset{46,8.}{C^{48}}\ \underset{7,9.}{H^{98}}\ \underset{11,3.}{Az^{10}}\ \underset{34,0.}{O^{26}}.$$

» L'augmentation constatée de 16 pour 100 pour le poids de l'albuminoïde et la distribution des nombres pour A, B, C sont parfaitement d'accord.

» Sans aucun doute, les protéides sont plus compliqués que ne l'exprime la formule simplifiée, mais en ces questions il n'est pas plus illogique de simplifier que d'élever la formule à 5000 pour y faire figurer le soufre, ou à 50 000 pour y introduire quelque autre élément non moins indispensable aux cellules, comme le sont les métaux.

» Avant d'entreprendre des séparations exactes, si cela se peut, je me suis efforcé de limiter la part d'empirisme inévitable en analyse immédiate en essayant de me faire une idée de la nature des matériaux à traiter.

» Une solution de 500^{gr} de la matière analysée C a été oxydée par le mélange chromique versé lentement dans un appareil distillatoire. Dès le début, il se dégage du gaz carbonique; dans le récipient il se condense de l'eau légèrement cyanhydrique *sans acides gras*. Dans la cornue, il n'y a que du sulfate ammonique et de l'acide oxalique.

» Pour expliquer cette expérience positive, il faut admettre que les suites hydrocarbonées de la molécule sont interrompues en plusieurs points par des substitutions AzH^2 et OH. La leucine, acide α-amidocaproïque, conduit par ses transformations à des dérivées valérianiques ou butyriques. Rien de tel ici, il faut donc que l'azote soit en β ou γ et qu'il y ait un hydroxyle au moins comme le veut l'analyse. La rupture en acide oxalique n'est pas due à des interruptions lacunaires, la formule représentant les analyses est, en effet, en $C^n H^{2n+\cdots}$. Une réduction très accentuée du nitrate d'argent ammoniopotassique montre encore une analogie avec des saccharides. Comme eux, en effet, les glucoprotéines sont converties en acide oxalique par les alcalis et l'oxydation chromique. Calcinées, elles donnent un charbon abondant, ce que ne feraient pas des leucines ou leucéines.

» Le pouvoir rotatoire $+17^\circ$ de la leucine n'a pas été observé. Des matériaux du ligament très blancs, après plusieurs épuisements à l'alcool, sont inactifs ou ne dévient que de quelques minutes. Il y a là, sans doute, inactivité par compensation.

» Les matériaux sucrés de ligament, par distillation sèche, même avec de la chaux ou du gris de zinc, ne se comportent pas comme des leucines : ils rendent à peine $\frac{3}{100}$ de base, amylamines ou pyridines.

» *Conclusions.* — Le tissu fibreux de bœuf s'hydrolyse par l'acide sulfurique, comme le ferait un polysaccharide, mais sans donner de quantités notables de leucine.

» Il n'est pas démontré que les glycoprotéines soient essentiellement

formées de

$$C^nH^{2n+1}AzO^2 + C^nH^{2n-1}AzO^2 = C^nH^{2n}Az^2O^4.$$

» Tout leur oxygène n'est pas engagé sous forme de carboxyle. Une partie des tissus d'où elles dérivent se comporte comme des aminosaccharides. Déjà dans la nature animale, la chitine représente ces composés, car elle est un dérivé de la glucosamine. »

ZOOLOGIE. — *Sur quelques Macroures des eaux douces de Madagascar.* Note de M. **H. Coutière**, présentée par M. A. Grandidier.

« Nos connaissances sur les Macroures de Madagascar, abstraction faite des *Astacidæ,* se réduisent à un travail de Hoffmann (1847), où sont décrites brièvement six espèces de genre *Palæmon,* toutes synonymes d'espèces connues à l'époque, et à une Note d'Hilgendorf (1893), dans laquelle cet auteur fait connaître *Bithynis Hildebrandti,* Palæmonidé représenté dans les rivières chiliennes par *B. Gaudichaudi* H. M.-Edwards.

» Les matériaux recueillis par MM. A. Grandidier, Humblot, Catat, Mocquerys, Alluaud, Bastard, Maria, enfin et surtout par M. G. Grandidier, nous ont permis d'étudier complètement dix-neuf espèces ou variétés, appartenant aux genres *Palæmon, Caridina* et *Atya,* et qui sont les suivantes :

	Distribution.
P. (*Eupalæmon*) *sundaicus* Heller.	Archipel Malais, Côte est africaine, Madagascar (baie d'Antongil).
P. (») *Danæ* Heller.	Sidney, Madagascar (baie d'Antongil).
P. (») *Ritsemæ* de Man.	Archipel Malais, Madagascar (rivière Ivolina, Tamatave).
P. (») *superbus* Heller.	Shanghaï, Madagascar (rivière Onilahy, côte ouest).
P. (») *multidens* H. C.	Madagascar (rivière Mahanara, côte nord-est).
P. (») *lar* Fabr. = *P. Mayottensis* Hoffmann = *P. Reunionensis* Hfm. = *P. longimanus* Hfm. = *P. madagascariensis* Hfm. = *P. ornatus* Olivier = *P. ruber* Hess — *P. spectabilis* Heller = *P. equidens* Heller — *P. vagus* Heller = *Bithynis lar* Sp. Bate.	Iles Mascareignes, Archipel Malais, Nouvelle-Guinée, Australie, Nouvelle-Zélande, Tahiti, Fidji, Madagascar.
P. (*Eupalæmon*) *rudis* Heller = *P. Mossambicus* Hilgendorf.	Ceylan, Côte orientale d'Afrique, Madagascar (rivière Mahanara, côte nord-est).
P. (*Eupalæmon*) *dispar* von Martens = *P. Alphonsianus* Hoffmann = (?) *P. parvus* Hofm.	Archipel Malais, Samoa, îles Mascareignes, Madagascar (baie d'Antongil).
P. (*Eupalæmon*) *Idæ* Heller.	Archipel Malais, Philippines, îles Mascareignes, Côte orientale d'Afrique, Madagascar.
P. (») *Mariæ* H. C.	Madagascar (rivière Ivolina, Tamatave).
P. (*Parapalæmon*) *Patsa* H. C.	Madagascar (torrents de la baie d'Antongil, rivière Onilahy, rivière Mahanara).

	Distribution.
P. (*Parapalæmon*) *dolichodactylus* Hilg.	Côte orientale d'Afrique, Madagascar.
P. (*Macrobrachium*) *lepidactylus* Hilg = *P. lepidactyloides* de Man.	Archipel Malais, Côte orientale d'Afrique, Fidji (?), Madagascar (région des grandes forêts, rivière Mahanara, rivière Ivolina, côte est).
P. (*Macrobrachium*) *Hilgendarfi* H. C.	Madagascar (région des grandes forêts).
Leander concinnus Dana = *L. longicarpus* Stimpson.	Archipel Malais, Hong-Kong, Iles Marshall, Fidji, Côte orientale d'Afrique, Madagascar (rivière Onilahy, sur la côte ouest; rivières Andampy et Ivolina, sur la côte est).
Atya brevirostris de Man.	Archipel Malais, Madagascar (cap d'Ambre).
Caridina typus H. M.-Edwards.	Archipel Malais, Iles Mascareignes, Madagascar.
Caridina typus, var. *Isaloensis* H. C.	Madagascar (côte est).
Caridina Wyckii, var. *gracilipes* de Man.	Archipel Malais, Australie, Ceylan, Côte orientale d'Afrique, Iles Mascareignes, Madagascar.

» Sur les dix-neuf espèces ou variétés de ce tableau, cinq sont jusqu'à présent spéciales à Madagascar, mais il importe de remarquer qu'il s'agit soit de variétés d'espèces peu stables (*Caridina typus*, var. *Isaloensis*), soit de formes représentatives d'espèces indo-malaises (*Palœmon Mariæ* et *P. Weberi*, *P. Patsa* et *P. scabriculus*, *P. Hilgendorfi* et *P. lepidactylus*), soit enfin des formes jeunes d'espèces dont l'état adulte peut être connu sous un autre nom (*P. multidens*).

» Des quatorze autres espèces, deux ont une distribution plus restreinte : *P. dolichodactylus* Hilg., qui ne dépasse pas Madagascar, *P. rudis* Heller, qui n'a pas été recueilli vers l'est au delà de Ceylan. Enfin, les douze espèces restantes sont très largement distribuées, et s'étendent dans le Pacifique jusqu'à la Nouvelle-Zélande et Samoa. Aucune d'entre elles ne manque à l'archipel Malais.

» La distribution du genre *Palœmon* est un des plus intéressants problèmes de Zoogéographie, dans lequel se superposent deux ordres de faits : 1° la présence de ces Crustacés dans les bassins fluviaux d'une même région, sans communication intérieure; 2° la présence d'espèces très affines ou identiques dans des régions extrêmement éloignées.

» Le premier point s'explique de façon satisfaisante si l'on admet que l'habitat actuel des Palémons est secondaire et acquis. Les formes primitives du groupe auraient été marines et littorales et se seraient adaptées progressivement à la vie dans les estuaires et les lagunes, puis dans les cours d'eau ou dans les lacs. Des traces de cette immigration persistent d'ailleurs actuellement : un certain nombre d'espèces, telles que *P. serratus*, *P. squilla*, de nos côtes, sont restées exclusivement marines. D'autres s'accommodent de degrés divers dans la salure des eaux : tels sont *Palæmonetes varians* Leach, la plupart des espèces de Leander; tels sont encore *P. sundaicus* Heller, *P. lar* Fabr., *P. equidens* Dana, recueillis à diverses reprises dans les eaux saumâtres, *P. pilimanus* de Man, dont plusieurs exemplaires, recueillis à Sumatra dans de petits cours d'eau, portaient des Bopyriens parasites comme leurs congénères des eaux salées (de Man).

» Ainsi simplifié, le problème se ramène à expliquer la large dispersion marine du genre *Palœmon* avant l'époque où se place son immigration dans les eaux douces. Les faits précédents montrent que cet exode est de date probablement récente; d'autre part, les premiers restes fossiles que l'on puisse rapporter à des *Palæmonidæ* d'eau douce se trouvent dans le miocène supérieur, avec le genre *Homelys* (H. von Meyer)

des calcaires d'OEningen. La distribution des espèces américaines de *Palæmon* parle dans le même sens : on trouve sur les deux versants Atlantique et Pacifique des formes identiques, dont la dispersion a dû se faire vers la même époque du miocène, où le détroit de Panama était largement ouvert, en même temps qu'un rivage ou une chaîne d'îles permettait aux espèces américaines de se disperser jusque sur les côtes ouest africaines, où *P. macrobrachion* (Herklots) représente très étroitement *P. forceps* (H. M.-Edwards), de Basse Californie.

» L'hypothèse par laquelle on peut tenter d'expliquer la dispersion du genre *Palæmon* dans le bassin Indo-Pacifique doit tenir compte non seulement de la présence des mêmes espèces à Madagascar, en Afrique orientale, dans l'archipel Malais et en Australie, mais encore de ce qu'une forme telle que *P. Vollenhoveni* (Herklots), de l'Afrique du Sud, est représentée au Japon par *P. brevicarpus* de Haan, espèce extrêmement voisine et peut-être identique. De nombreuses espèces indo-malaises (*P. nipponensis* de Haan, *P. Sinensis* Heller) sont également japonaises; d'autre part, les lacs africains, tels que le Tanganyika, renferment des espèces telles que *P. Moorei* Calman, extrêmement voisine de *P. superbus* Heller (Shanghaï, Madagascar) et de *P. Trompii* de Man, espèce de Bornéo, à développement abrégé. Enfin, la présence du genre *Bithynis* à Madagascar et au Chili complique singulièrement le problème, même en ne tenant pas compte de la distribution des *Astacidæ,* qui paraissent remonter à une période beaucoup plus reculée.

» Les données actuelles sur la géologie de Madagascar sont encore trop incomplètes pour être d'un grand secours. Il semble qu'il faille renoncer à l'idée d'une connexion terrestre post-triasique entre Madagascar, l'Afrique et l'Hindoustan, de sorte que l'océan Indien, avec sa configuration générale actuelle, aurait une existence très ancienne. Madagascar s'est-elle trouvée en relation, par une ligne discontinue de rivages, avec le centre de dispersion indo-malais du genre *Palæmon,* pendant l'époque où s'est effectuée son expansion marine? Les conditions d'isolement ont-elles été, au contraire, analogues à celles de la géographie actuelle? Dans ce dernier cas, les courants qui apportèrent, en novembre 1884, les ponces du Krakatoa sur les plages malgaches pourraient-elles amener semblablement les zoés pélagiques des Eucyphotes marins?

» Nous ne pouvons actuellement, comme le disait Huxley, que « spéculer sur les » causes d'un effet produit par la coopération de plusieurs facteurs, alors qu'il faut » deviner la nature de chacun de ces facteurs en raisonnant d'après leurs effets ». Mais les données zoologiques, botaniques et paléontologiques du problème se précisent de jour en jour, et la connaissance de Madagascar en sera certainement l'une des principales. »

BOTANIQUE. — *Note sur un tubercule alimentaire nouveau du Soudan, l'*Ousounify (Plectranthus Coppini *Cornu*). Note de M. **Maxime Cornu.**

« Au commencement de l'année 1894 je reçus de M. le Dr Coppin, Médecin des colonies au Soudan, un tubercule de couleur noire, alimen-

taire, farineux, qu'il déclarait très analogue à la pomme de terre comme saveur. Ce tubercule désigné dans le pays, m'écrivait-il, sous le nom d'*Ousounify* est cultivé et vendu sur les marchés (Kita, Bammakou, Kankan, etc.) et très apprécié des Européens; dès le premier développement, je reconnus une Labiée.

» Nous cultivions déjà depuis huit années un tubercule très analogue désigné sous le nom de *Pomme de terre* de Madagascar, l'*Oumime*, de la famille des Labiées; considéré d'abord comme étant le *Plectranthus Madagascariensis*, il fut reconnu pour être le *Pl. ternatus*. Ce n'était pas du tout la même espèce, cela était visible par la forme des feuilles et les caractères de la nervation, mais l'analogie de végétation et de port me fit penser que l'*Ousounify* devait être une espèce du genre *Plectranthus* et je la désignai sous le nom provisoire de *Pl. Coppini*, sous lequel elle a été cultivée, et adressée à plusieurs de nos correspondants français ou étrangers.

» Les premiers tubercules de l'*Oumime* me furent donnés par M. Paillieux; M. Daruty de Grandpré, Directeur de la Société d'acclimatation de Port-Louis (île Maurice), sur ma demande pressante, m'en fit apporter une bonne quantité par M. Fayd'herbe, créole de Maurice; bon nombre de ces derniers furent, comme les précédents, envoyés à divers de nos correspondants coloniaux.

» Les tubercules de cette nature peuvent rendre de grands services pour l'alimentation, dans les pays chauds; les colons se fatiguent vite des tubercules que leur fournit la nature tropicale, le plus souvent mucilagineux, sucrés ou fades (ignames, taro, patates).

» En 1887, je remis à M. Pierre, jardinier chef du Jardin d'essai de Libreville, un certain nombre de tubercules de l'*Oumime* de Madagascar; cette Labiée fut apportée à Brazzaville par le voyageur Thollon; elle y est aujourd'hui largement cultivée; elle s'est répandue de proche en proche et était déjà, il y a quelques années, cultivée communément jusqu'au quatrième degré de latitude nord, d'après le regretté Crampel ([1]). Mgr Carrie, évêque de Loango, l'a importée de là dans le Loango.

» A la réception de l'*Ousounify*, je songeai immédiatement à le répandre de la même manière.

» Ces tubercules de l'Ousounify sont ellipsoïdes, de forme variable, plus ou moins arrondis aux deux extrémités; ils sont de couleur noire et lisses,

---

([1]) PAILLIEUX et BOIS, *Le potager d'un curieux*, 3e édition, p. 380; 1899.

c'est-à-dire ni rugueux, ni écailleux. Quand je les ai reçus la première fois, ils étaient en repos complet de végétation et dépourvus de tout bourgeon, sauf le terminal, de telle sorte que leur nature morphologique semblait tout à fait problématique.

» Ils sont sûrement d'origine caulinaire ; ce sont des tiges modifiées, comme cela a lieu dans la *Pomme de terre* et dans le *Stachys tuberifera*, tubercule alimentaire vulgarisé depuis peu par MM. Pallieux et Bois; mais dans notre *Plectranthus*, il n'y a aucun étranglement; le tubercule n'est pas composé; il est en général simple, quoiqu'il puisse présenter deux ou trois extrémités végétatives arrondies, lisse et non muni d'étranglements.

» Il est *amylacé*, ce qui le distingue du *Stachys*.

» Les tubercules de l'*Ousounify* sont parfois très réguliers; ils sont alors tout à fait ovoïdes; la grosseur de ceux que j'ai reçus atteignait parfois celle d'une noix; ils sont terminés par un petit bourgeon blanc ou rosé.

» Une coupe transversale ou longitudinale montre une écorce relativement très mince, n'atteignant pas la deuxième partie du rayon. Elle est recouverte à l'extérieur par un liège relativement épais, à éléments réguliers et larges, dont les plus extérieurs sont colorés en brun.

» La structure générale, perceptible par transparence à la vue simple, est nettement rayonnante; il y a une moelle apparaissant plus claire, et qui occupe jusqu'à la cinquième partie du diamètre dans la zone médiane la plus large.

» Sur la coupe transversale, elle est limitée par une série de points noirs qui sont des vaisseaux indiquant la trace des faisceaux modifiés par la tubérisation.

» La masse entière du tubercule est constituée par un tissu cellulaire mince, formé de cellules assez lâchement unies; elles sont à section presque rectangulaire dans la section qui, morphologiquement, appartient au bois, ou longuement hexagonales, allongées dans le sens du rayon. Elles laissent entre elles des méats radiaux linéaires, souvent pleins d'air, tandis que les contacts sont plus parfaits sur la face perpendiculaire au rayon. Les cellules correspondant à la moelle sont plus grandes, pentagonales ou hexagonales.

» Les tissus renferment de l'amidon relativement petit, variable de grosseur et de forme suivant les cellules ; il est simple, sphérique ou ellipsoïde, ou bien composé et alors parfois trigone; rare dans l'écorce.

» Cette écorce ne paraît pas renfermer d'éléments épaissis. Elle est séparée de la région ligneuse par un tissu générateur, sorte de cambium à éléments alignés avec les files ligneuses.

» Malgré mes efforts, je n'ai pu obtenir la floraison de l'*Ousounifý* pour pouvoir vérifier la détermination générique.

» Cultivée en larges terrains ou en pots, cette Labiée, placée dans des conditions de fertilité et d'éclairage aussi satisfaisantes que possible, en serre chaude ou sur couche, en vases ou en pleine terre, montre une végétation très active; les tiges sont nombreuses, très ramifiées; elles traînent sur le sol et s'enracinent aisément aux nœuds; mais les tubercules formés sont fort petits, fusiformes.

» La tige se tuberculise parfois un peu au-dessus du sol et le plus souvent meurt à la fin de l'automne, comme beaucoup de plantes molles, sans avoir fleuri.

» Parmi les personnes auxquelles j'ai envoyé les deux *Plectranthus*, est M. Lemarié, Directeur de l'Agriculture au Tonkin; les résultats signalés le 10 janvier dernier méritent d'être rapportés.

» .... Les deux Labiées à tubercules alimentaires que vous m'avez adressées en 1890 en trois tubercules ont foisonné littéralement, si ce n'est pas le même *Plectranthus*, ce sont deux espèces bien voisines. Les seules différences observées résident dans la nuance du bleu de la corolle et dans la position des étamines par rapport au pistil. L'espèce de Madagascar paraît acquérir des dimensions un peu supérieures à celles de l'espèce soudanaise; au point de vue de la végétation, les deux se sont comportées de la même façon. Un rameau coupé sur une plante et mis en terre au début de la saison des pluies devient rapidement une touffe énorme; non seulement au collet de la plante, mais à tous les nœuds sur les rameaux aériens naissent des tubercules; quelques-uns vont jusqu'à la grosseur d'un œuf. La récolte se fait en ce moment et sera très fructueuse : *c'est assurément une bonne acquisition pour l'Indo-Chine*.

» Il existe donc pour les pays chauds des tubercules alimentaires appartenant à la famille des Labiées, plus analogues à la pomme de terre qu'aucun de ceux qui sont cultivés généralement. Très faciles à cultiver et à multiplier; ils donnent un rendement abondant; ils peuvent acquérir un très gros volume et peuvent sans doute être améliorés et sélectionnés par la culture.

» Enfin, ils admettent un climat *véritablement* tropical, ce que la pomme de terre n'admet pas; ils méritent donc la plus sérieuse attention. »

MINÉRALOGIE. — *Sur la composition minéralogique des teschénites.* Note de M. **A. Lacroix**, présentée par M. Fouqué.

« Les *teschénites* ont été considérées par beaucoup de pétrographes comme représentant la forme granitoïde ou diabasique des téphrites et,

par suite, comme constituées par l'association de la *néphéline* à des feldspaths calcosodiques et à des éléments ferromagnésiens (augite, hornblende).

» Des travaux récents ont fait mettre en doute l'existence de la néphéline dans les teschénites des gisements classiques (Teschen, Portugal, etc.) ou démontré l'absence complète de ce minéral dans ces roches; la substance attaquable par les acides qu'elles renferment en abondance est en effet hydratée et constituée par de l'analcime. Bien que la composition chimique de cette zéolite sodique rende vraisemblable sa formation par voie secondaire aux dépens de la néphéline, l'existence de ce minéral comme élément primordial des teschénites n'en reste pas moins à démontrer. A ce point de vue, la découverte de teschénites à néphéline indubitable offre une importance d'un ordre général, indépendamment de l'intérêt que soulève l'existence de ces roches rares dans une région où elles n'étaient pas connues.

» J'ai trouvé les teschénites, qui font l'objet de cette Note, dans la collection des roches de Madagascar, recueillies par M. Villiaume au voisinage de la baie de Passandava, au sud de Nossi-Bé; elles paraissent surtout abondantes dans les collines situées entre Zangoha et Ankaramy; elles offrent une grande analogie de caractères extérieurs avec quelques-unes des teschénites de Cezimbra (Portugal). On y distingue à l'œil nu de grandes baguettes éclatantes de hornblende au milieu d'éléments blancs.

» L'examen microscopique fait voir que ces cristaux amphiboliques automorphes, à rapporter à la barkévicite, sont accompagnés de cristaux également automorphes d'augite, avec un peu d'olivine, d'apatite, de sphène, d'ilménite; ces minéraux sont englobés par des cristaux allongés et enchevêtrés de labrador zoné, souvent entourés par un feldspath alcalin, non maclé ou présentant de fines macles de l'albite; la bissectrice aiguë de ce dernier est négative et ses axes optiques rapprochés (*anorthose*). Les vides intersertaux laissés par ces feldspaths sont en partie remplis par de la *néphéline* et de la *sodalite*, accompagné (réaction nette du chlore) par de l'analcime faiblement biréfringente. L'époque de la cristallisation de la néphéline et de la sodalite n'est pas entièrement postérieure à celle des feldspaths, car ceux-ci englobent parfois en totalité ou en partie des cristaux automorphes de ces deux minéraux.

» La *néphéline* possède les caractères optiques et chimiques caractéristiques de ce minéral; par altération, elle prend un aspect fibreux et se transforme peu à peu en très fines paillettes d'un minéral micacé comme dans les variétés doléritiques de la néphélinite de Beaulieu (Var).

» Dans beaucoup d'échantillons, la structure est un peu différente; les cristaux d'augite et de hornblende sont plus petits et plus nombreux, ils sont englobés pœcilitiquement par de grandes plages de labrador. Les espaces intersertaux sont remplis par de longs microlites d'anorthose, mélangés à beaucoup de microlites d'augite et moulés par de la néphéline. La proportion de ces éléments intersertaux est souvent

très faible et la roche passe à un type probablement dépourvu de néphéline et rappelant certaines *camptonites*.

» L'abondance de l'anorthose, dans certains échantillons, indique le passage des teschénites de Madagascar aux théralites et shonkinites, mais le type normal est à comparer surtout aux teschénites de Portugal et des Basses-Pyrénées (route d'Arudy à Saint-Christau, Herere); aussi ai-je examiné à nouveau une série de ces roches qui m'ont été communiquées par M. Choffat (Portugal), ou que j'ai recueillies moi-même. Pas plus que MM. Rohrbach et Rosenbusch (roches de Cezimbra), je n'ai pu trouver de néphéline au milieu de l'analcime de ces teschénites, mais il n'en est pas de même pour une roche à facies ophitique recueillie par M. Choffat à Fallagueira. Cette teschénite renferme quelques grains d'olivine et d'ilménite englobés par de grands cristaux de labrador que moule ophitiquement de l'augite titanifère violette. Le remplissage intersertal est achevé par de la *néphéline*, de la *sodalite* et de longues baguettes d'anorthose. Comme dans les roches de Madagascar, le labrador est par places cerclé d'anorthose et englobe çà et là des cristaux de néphéline et de sodalite. Cette roche rappelle, en beaucoup plus feldspathique et en moins néphélinique, certaines des roches doléritiques que j'ai décrites au puy de Saint-Sandoux (Puy-de-Dôme).

» J'ai encore trouvé de la néphéline avec la même structure et les mêmes altérations dans la belle roche à grands cristaux porphyroïdes d'augite qui constitue le dyke de Crawfordjohn, dans le Lanarkshire (Écosse), et qui doit, par suite, être considérée comme une teschénite à olivine passant par sa structure à une téphrite. C'est au même type également, mais plus grenu, qu'il faut rapporter un bloc recueilli dans le ravin de Lusclade, au Mont-Dore, et dont je n'ai pu trouver le gisement en place (enclave?).

» En résumé, on voit que les teschénites à hornblende de Madagascar sont très analogues, comme structure et comme composition minéralogique, aux teschénites à analcime du Portugal et des Pyrénées, mais elles renferment de la néphéline intacte. Leur identité originelle, au point de vue minéralogique, est rendue infiniment probable par l'existence, dans un gisement portugais de la même région, d'une teschénite à structure et composition un peu différentes, mais présentant de la néphéline bien caractérisée. Cette teschénite ophitique offre une analogie de structure et de composition tout à fait remarquable avec des roches riches en analcime qui, dans les Basses-Pyrénées, accompagnent les teschénites à hornblende.

» Les conclusions concernant la composition minéralogique originelle des teschénites qui ont été passées en revue dans cette Note peuvent, selon toute vraisemblance, être généralisées.

» A un autre point de vue, l'existence des teschénites au nord-ouest de Madagascar tire un vif intérêt de la nature des roches qui les accompagnent; elles se trouvent, en effet, dans la même région que les granites et syénites quartzifères à ægyrine que j'ai récemment décrits; les collections de M. Villiaume renferment, en outre, des syénites non quartzifères

à anorthose et barkévicite du type *pulaskite*, des augitites amphiboliques, rappelant les *monchiquites*, des *phonolites*, etc. M. Baron a cité, non loin de là (mais plus au sud), une syénite néphélinique (Mt. Bezavona) et diverses phonolites; l'île de Nossi-Bé renferme des néphélinites à olivine. Toute cette région constitue donc une province pétrographique caractérisée par une grande richesse en roches sodiques de composition variée, dont l'étude détaillée fournira certainement des résultats d'un haut intérêt pétrographique. »

PHYSIOLOGIE. — *Sur l'excitation du nerf électrique de la torpille par son propre courant.* Note de M. **Mendelssohn**, présentée par M. d'Arsonval.

« C'est un fait reconnu que tout nerf moteur peut être excité par son propre courant fermé sur lui-même (du Bois-Reymond, Kühne, Hering). Vu l'analogie de structure et de fonction qui existe entre le muscle strié et l'organe électrique, il m'a paru intéressant de rechercher si le nerf électrique de la torpille peut être également excité par son propre courant transverso-longitudinal et produire un effet réactionnel dans son organe terminal. Aussi ai-je entrepris à ce sujet chez la torpille de l'Océan une série de recherches au laboratoire maritime de la station zoologique d'Arcachon. Après avoir rapidement sectionné tous les nerfs électriques d'un côté à leur sortie du canal vertébral, j'ai disséqué un de ces nerfs, le plus gros, dans une étendue de 5^{cm} à 6^{cm} jusque dans l'intérieur de la branchie. Le nerf étant placé sur une plaque isolante en verre ou en caoutchouc, une communication fut établie entre sa section transversale et un point quelconque de sa surface longitudinale, soit au moyen d'un morceau d'argile imbibé d'une solution de chlorure de sodium à 0,6 pour 100, soit au moyen d'un tronçon isoélectrique d'un muscle ou d'un nerf, soit enfin au moyen d'une solution faible de chlorure de sodium dans laquelle fut plongé le nerf. Le courant transverso-longitudinal du nerf électrique fut ainsi fermé sur lui-même. Les décharges recueillies au moyen d'une pince métallique furent transmises au téléphone ou dérivées à un galvanomètre de Thomson suffisamment sensible. Les précautions nécessaires furent prises pour écarter toute possibilité d'une excitation mécanique ou chimique. Les expériences instituées dans ces conditions sur 32 torpilles de taille différente m'ont permis de constater les faits suivants :

» En fermant le circuit du courant nerveux on provoque, au moment même de la fermeture, une décharge plus ou moins courte et assez sensible à la main. On constate en même temps au galvanomètre une forte déviation dans le sens de la décharge. Cette déviation est de courte durée, mais souvent elle persiste pendant toute la durée de la fermeture du courant propre et l'aiguille ne revient à sa position primitive qu'au moment où le circuit est ouvert. Dans les conditions dans lesquelles furent exécutées ces expériences, il m'a été impossible d'observer une décharge à l'ouverture du courant propre, comme cela a été constaté dans le nerf moteur. La décharge provoquée par la fermeture du courant nerveux se traduit au téléphone par un bruit faible ou plutôt par un son plus ou moins bas, tout à fait analogue au son produit par une décharge spontanée ou réflexe, dont il ne diffère que par une intensité moindre.

» L'intensité de la décharge produite par la fermeture du courant propre du nerf électrique est en rapport avec la grandeur et la vigueur de l'animal, par conséquent avec la longueur et la grosseur du nerf électrique. Aussi ces expériences furent-elles, pour la plupart, instituées sur des animaux vigoureux et de grande taille, dont les nerfs électriques présentaient une longueur de 5^{cm} à $6^{cm},5$ et une grosseur de 6^{mm} à 7^{mm}. Un nerf électrique de cette dimension présente un courant transverso-longitudinal très considérable. Aussi l'intensité de la décharge est-elle en rapport avec la force électromotrice du courant propre du nerf. Ce courant s'affaiblit généralement vite et sa force électromotrice peut diminuer au point que le courant fermé sur lui-même peut ne produire aucun effet réactionnel malgré que l'excitation directe de l'organe donne encore une décharge très sensible. Souvent une nouvelle section transversale du nerf fait revenir sa force électromotrice efficace.

» Si l'on place plusieurs préparations neuro-musculaires de la grenouille sur différentes parties de l'organe électrique, ou bien si l'on dérive différents points de cet organe au galvanomètre, on peut facilement constater qu'après la fermeture du courant propre d'un seul nerf électrique la réaction se produira seulement dans le muscle-signal placé sur le segment correspondant au nerf excité; d'autres muscles-signaux plus ou moins éloignés de cette partie de l'organe ne réagiront pas du tout. De même, l'aiguille galvanométrique sera déviée exclusivement par les points dérivés du segment correspondant au nerf excité. Ces faits démontrent que la décharge provoquée par la fermeture du courant propre du nerf n'a pas

lieu dans l'organe tout entier, mais est limitée à une partie de l'organe voisine du nerf, dont le courant propre est fermé. Cette décharge n'est donc pas une décharge totale de l'organe, mais une *décharge segmentaire* se produisant uniquement dans le segment innervé par le nerf excité.

» Une série de fermetures successives et fréquentes du courant nerveux produit une série de décharges qui se suivent mais ne se fusionnent pas. Il m'a été impossible de produire un tétanos électrique, même avec le maximum de fréquence de l'excitant qui pouvait être obtenu avec le procédé usité dans ces expériences. On pourrait certainement admettre que cette fréquence n'ait pas encore été suffisante pour produire une fusion de décharges partielles, mais il serait aussi probable que le nerf électrique réagit difficilement à une irritation tétanique, qu'elle soit produite par son propre courant ou bien par un courant faradique. Le seuil de l'excitation tétanique du nerf électrique de la torpille doit être très élevé.

» De tous ces faits il faut conclure que *le nerf électrique de la torpille peut être excité par son propre courant*. Ce mode d'excitation, qui constitue une véritable *auto-excitation* du nerf électrique, doit jouer un rôle important dans le processus d'excitation qui accompagne l'électrogène chez les poissons électriques. Il démontre en même temps qu'une faible quantité d'énergie potentielle est nécessaire ou du moins suffisante pour produire une décharge chez la torpille. Un courant nerveux de $0^{volt},015$ fermé sur lui-même peut aboutir à une décharge de l'organe électrique de 8-15 volts. »

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Notice sur les aurores australes observées pendant l'hivernage de l'expédition antarctique belge*. Note de M. **Henryk Arçtowski**, présentée par M. Mascart.

« Le phénomène de l'aurore australe est encore très imparfaitement connu de nos jours, car fort peu d'observations suivies ont été faites dans l'hémisphère sud.

» M. W. Boller (¹), qui a fait le Catalogue complet des aurores australes notées depuis 1640 jusqu'en 1895 (c'est-à-dire pour un laps de temps de

(¹) Dr W. Boller, *Das Südlicht* (*Beiträge zur Geophysik*, Bd. III, p. 56-130 et 550-608).

plus de deux cent cinquante années), a compté en tout 1582 observations correspondant à 791 aurores différentes. Sur ce nombre, la plupart n'ont été décrites que d'une façon très insuffisante.

» Nous sommes heureux de pouvoir contribuer à l'étude du phénomène auroral par une série d'observations faites à bord de la *Belgica*, au cours du premier hivernage effectué dans les glaces du pôle Sud. Nous nous trouvions à une distance très notable du pôle magnétique, car c'est par 71°27′ de latitude sud et 85°44′ de longitude ouest (7 mars 1898) que la *Belgica* a été prise dans les glaces. D'ailleurs la dérive de la banquise déplaçait constamment la position de notre station d'observation. Du 11 mars au 10 septembre 1898 (c'est-à-dire durant la période pendant laquelle nous avons pu observer l'aurore australe) les positions extrêmes occupées par notre bateau ont été 69°52′ et 71°36′ de latitude sud et 82°35′ et 92°21 de longitude ouest.

» Nos observations ne correspondent donc pas à un même point géographique, mais elles sont au contraire réparties sur le réseau des lignes de dérive, comprenant une région d'environ 10° de longitude sur plus de 1° $\frac{1}{2}$ de latitude.

» Les conditions météorologiques, dans cette région, étaient très défavorables pour l'observation des aurores, la nébulosité du ciel étant extrêmement grande. Ainsi, les chiffres suivants nous indiquent, pour les mois de mars à septembre, le nombre de jours avec ciel dégagé pendant plusieurs heures de suite (nébulosité 0 à 3 au maximum, pendant une partie de la journée).

Mars.	Avril.	Mai.	Juin.	Juillet.	Août.	Septembre.
15	14	8	16	22	15	14

» Du reste, dès la fin de septembre, la clarté crépusculaire, pendant la nuit, est déjà trop intense (par 70° à 71° de latitude) pour que l'on puisse encore apercevoir l'aurore polaire. Néanmoins, malgré ces conditions peu avantageuses, nous avons pu observer le phénomène auroral 61 fois, pendant l'hiver de 1898, et le 12 mars 1899, deux jours avant notre sortie des glaces antarctiques, nous l'avons encore revu. Nous avons donc en tout 62 observations.

Tableau des aurores australes observées à bord de la Belgica *pendant l'hiver antarctique de* 1898.

Mars......	11, A. — 12, A. — 14, ADWC. — 19, AmVD. — 20, ARV. — 23, L. 24, L. — 25, AS. — 26, SLRVO. — 28, L. — 29, AS. — 31, A.
Avril.......	3, L. — 6, AdR. — 10, ASAd. — 11, L. — 13, L. — 14, ASOVRD. 15, ASAdR. — 21, L. — 22, LA. — 24, L. — 25, SAR. — 28, L.
Mai.......	3, AV. — 16, L. — 20, AS. — 21, L. — 22, L. — 29, Ad.
Juin........	10, A. — 13, SAF. — 14, L. — 15, L. — 22, ASR. — 23, LS. — 24, SAd.
Juillet......	8, L. — 9, L. — 10, L. — 11, L. — 12, L. — 13, LASO. — 15, L. — 17, L. — 21, LSA. — 22, AS. — 23, A. — 24, L.
Août........	1, L. — 16, L. — 18, L. — 19, AdS. — 20, L. — 26, A. — 27, A.
Septembre...	2, AdSRVD. — 5, A. — 8, L. — 9, SARAd. — 10, RSAAd.

Explication des abréviations :

L,	Lueur aurorale.	O,	Rayons obscurs.
A,	Arc homogène.	D,	Dards.
Ad,	Arc double.	V,	Ruban ondulé.
Am,	Arc multiple.	W,	Draperies.
S,	Segment obscur.	C,	Couronne.
R,	Rayons.	F,	Flammes.

» Nos observations permettront d'établir la période diurne de l'aurore, car le phénomène apparaissait généralement entre 7^h du soir et 2^h du matin, et son maximum d'intensité tombait le plus souvent entre 9^h et 10^h.

» Quant à la période annuelle, on ne saurait évidemment pas l'établir avec certitude à l'aide d'une seule année d'observations. Pourtant, le Tableau démontre très clairement que le maximum de fréquence tombe en dehors des mois de la nuit polaire, et que l'intensité du phénomène auroral est manifestement plus grande aux équinoxes.

» Au mois de mars et au commencement du mois d'avril, nous avons observé de belles aurores d'un aspect variable; en juillet, au contraire, de simples lueurs aurorales ont été prédominantes; plus tard, en septembre, nous avons pu revoir des aurores très mouvementées et d'une clarté relativement intense.

» Il y a à signaler, dans cette série d'observations, un fait remarquable : c'est la prédominance de l'arc homogène, qui se maintient souvent invariable pendant de longues heures, toujours au même endroit de l'horizon.

» Cet arc s'élevait d'ordinaire de 8° à 12° au-dessus de l'horizon, et ses

extrémités étaient à environ 45° de part et d'autre de son point culminant, qui était toujours au sud-sud-ouest.

» Au solstice de l'hiver, cet arc monte moins haut qu'aux équinoxes. Pendant la nuit polaire le phénomène auroral semble donc se retirer vers une région plus voisine du pôle magnétique. »

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Écarts barométriques sur le parallèle aux jours successifs de la révolution synodique.* Note de M. **A. Poincaré**, présentée par M. Mascart [1].

» Dans l'ensemble [2], les écarts barométriques relevés, à une latitude donnée, et de part et d'autre de l'axe, sur le méridien de Greenwich, aux jours successifs de la révolution synodique, se reproduisent au midi local et à l'opposé, sur tout le pourtour du parallèle. Distribuons ces écarts sur une même ligne, de droite à gauche; nous avons, pour cette latitude, ce que j'appellerai les *deux ondes mensuelles synodiques en entre-croisement,* qui marchent en sens inverse de l'onde diurne lunaire et 29 fois et demie moins vite.

» Je reproduis les profils représentatifs de ces mouvements du mois synodique au 10e parallèle, au 60e parallèle et au pôle.

» Voici, en négligeant quelques oscillations ou déplacements incertains et sans importance, les traits caractéristiques des courbes pour tous les parallèles de 10° en 10° :

---

(1) Addition à la Note insérée aux *Comptes rendus* du 10 juillet 1899, page 128, *Écarts barométriques sur le méridien du Soleil aux jours successifs de la révolution synodique.* Nous conservons les chiffres des écarts et les mêmes conventions, $\frac{O+1}{2}$ pour 1 aux mois à 30 midis, etc.

Voir aussi 7 novembre 1898 et 30 janvier 1899, *Mouvements barométriques sur le méridien de la Lune et sur son orthogonal* (*Errata* au numéro suivant).

(2) Je fais ici abstraction de la marche propre de la Lune dans l'intervalle des deux midis et de la situation particulière du méridien de Greenwich. Il ne faut toutefois pas perdre de vue que ce méridien est à 20° du méridien marin et, surtout, qu'à partir du 60e parallèle la difficulté des communications atmosphériques entre le Pacifique et l'océan Glacial amortit les oscillations de la courbe côté minuit.

	Moyennes des écarts opposés.						Différences des écarts opposés (midi opposé).				
Jours....	29 — 1.		8.	14 — 15.	19.	22.	29 — 1.		8.	14 — 15	22.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Parallèle 0.....	0		0	0		0	−2		0	+2	0
» 10.....	0		0	0		0	−3		0	+3	0
» 20.....	−0,3		0	+0,3		+1	−2,5		+0,5	+2,5	0
» 30.....	−1,3		−0,8	0		+2	−1,4		0	+1,5	0
» 40.....	−2	−3	−1	+1		+1	0	−2	0	+1,2	0
» 50.....	0	−2	−1,4	+2	−1	+1,4	+2	−1	0	+4,5	−1,2
» 60.....	+3,5	+4,5	−3	+2,5	−2	+0,5	+7	+6	−4	+7	−4,5
» 70.....	+2	+1,5	−1,8	+1,5	−1,5	0	+6	+7	−4	+7	−5
» 80.....	+1,5	+2,3	+0,6	0	−3,6	−1	+4,6	+3	−6	+4	−5
» 90.....	+3,5	+4,2	−1,5	−1,5	−3,5	−1,2	0		0	0	0

» L'écart moyen reste sensiblement nul sur tout le parallèle jusqu'au 15e. Du 20e au 50e, il y a minimum au jour 1 et maximum au 22, bascule atteignant 4^{mm}. Au 55e, croisement, puis bifurcation des deux lignes de maxima et de minima, en sorte qu'à partir de là on a maxima aux jours 1 et 15 entre minima aux jours 8 et 19, les jours 1 dépassant les 19 de 6^{mm} à 7^{mm}.

» Les différences des écarts au même instant entre points opposés sont, jusqu'au 45e, nulles aux jours 8 et 22 (quadratures), égales et de signe contraire aux jours 1 et 14 ou 15 (NL et PL, méridien d'origine et opposé). Du 55e au pôle, où elles deviennent toutes nulles, elles sont à peu près égales aux jours opposés, positives aux 1 et 15, négatives aux quadratures.

» On a ainsi pour chacun des profils opposés : de 0 au 20e, ondulation simple sur moyennes sensiblement nulles; du 20e au 45e, ondulation simple sur moyennes régulièrement variables; du 45e au 55e, transition; du 55e au pôle, ondulation double sur moyennes atteignant maxima et minima successifs aux jours 1, 8, 15, 19.

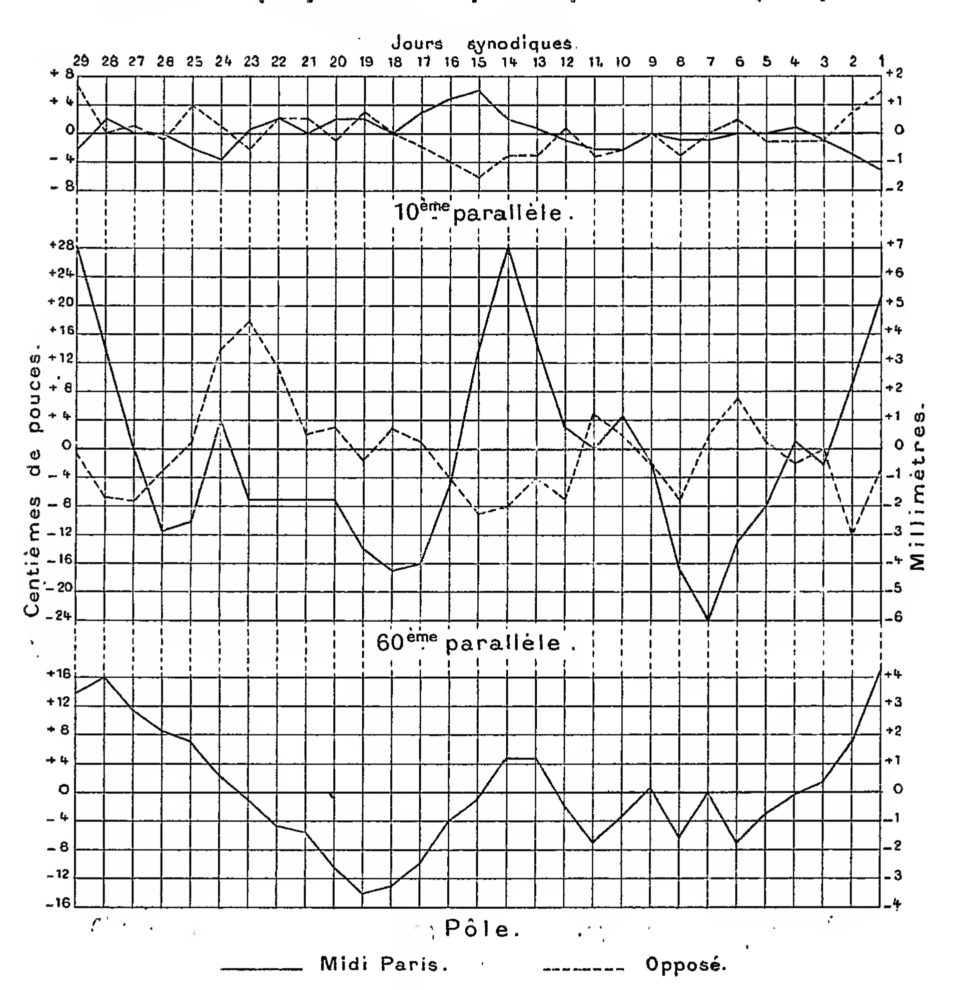
» L'amplitude de l'ondulation simple est de 3^{mm} au 10e, en dehors du trouble équatorial, de 2^{mm},5 au 20e, 1^{mm},5 au 30e, 1^{mm} au 45e.

» L'amplitude de l'ondulation double ressort à 6^{mm} au 60e et au 70e.

» A ces latitudes, les mouvements venus des régions équatoriales ont acquis une vitesse angulaire et une amplitude doubles. Mais ce fait et la lutte entre les courants venus du nord et du sud ne suffisent pas pour expliquer un doublement d'oscillation opéré par renversement de la relation de signe entre écarts opposés aux jours 29-1. Loin de s'éteindre au

pôle, la variation diurne y est considérable. Il s'y exerce, tangentiellement vers l'astre, une traction égale à 1, comme le soulèvement à l'équateur. Il faudrait compulser les cotes à minuit Paris dans les hautes latitudes.

Écarts barométriques produits sur le parallèle par la révolution synodique.



» Que la Lune, maintenue à l'équateur par l'élimination des écarts tropiques, arrive à un méridien du fait de sa propre rotation autour de la Terre ou de celui de la rotation terrestre, l'effet immédiat est le même. Tant qu'on n'est pas assez éloigné de l'équateur pour que les mouvements venus des autres parallèles influent notablement sur le profil des écarts,

il y a reproduction. C'est ainsi qu'on trouve, en sens contraire, sur l'onde mensuelle synodique, la représentation de l'onde diurne lunaire simple ([1]) jusqu'au 30e, qu'on la démêle jusqu'au 45e, puis que, noyée d'abord dans l'enchevêtrement, la variation diurne doit passer progressivement à l'ondulation double. Mais, comme c'est là un effet consécutif de l'appel en rotation sur le pôle, l'onde mensuelle ne saurait plus servir de mesure.

A 4 heures trois quarts, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 5 heures un quart.

M. B.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS DANS LA SÉANCE DU 30 AVRIL 1900.
(*Suite.*)

Primera reunion del Congreso cientifico latino-americano, celebrada en Buenos Aires del 10 *al* 20 *de Abril de* 1898 *por iniciativa de la Sociedad cientifica argentina;* IV : *trabajos de la* 3^a *Seccion* (*ciencias medicas*). Buenos Aires, 1898; 1 vol. in-8°.

Regenwaarnemingen in Nederlandsch-Indië. Twintigste jaargang, 1898. Batavia, 1899; 1 vol. in-8°.

Report of the New York meteorological observatory of the department of parks, central park, New York city, for the year 1900; DANIEL DRAPER, director. New York, 1900; 1 fasc. in-4°.

Observations made at the royal magnetical and meteorological observatory at Batavia, published by order of the Government of Netherlands India; vol. XXI, 1898, with a supplement. Batavia, 1899; 2 vol. petit in-f°.

Bulletin mensuel de l'observatoire météorologique de l'Université d'Upsal; vol. XXXI, année 1899, par le Dr H. HILDEBRAND HILDEBRANDSSON. Upsal, 1899-1900; 1 fasc. in-4°.

([1]) Prise chaque jour à partir du passage.

Annals of the astronomical observatory of Harvard college. Edward Pickering, director. vol. XXXII, part II, vol. XXXIII, vol. XLII, part II. Cambridge, 1900; 3 vol. in-4°.

Archives italiennes de Biologie, t. XXXIII, fasc. 1. Turin, 1900; 1 vol. in-8°.

Ouvrages reçus dans la séance du 7 mai 1900.

Essais sur la Philosophie des Sciences : Analyse, Mécanique, par C. de Freycinet, de l'Institut; 2e édition. Paris, Gauthier-Villars, 1900; 1 vol. in-8°. (Hommage de l'Auteur.)

Chirurgie infantile et orthopédique : Atlas de radiographie, par P. Redard et F. Laran. Paris, Masson et Cie, 1900; 1 vol. petit in-4°. (Présenté par M. Marey.)

Spectroscopie critique des pigments urinaires normaux, par E. Gautrelet. Paris, O. Berthier, 1900; 1 vol. in-8°.

L'Anthropologie. Rédacteurs en chef : MM. Boule et Verneau; t. XI, n° 1, janvier-février 1900. Paris, Masson et Cie; 1 fasc. in-8°.

Bulletin de la Société industrielle d'Amiens; t. XXXVIII, n° 1, janvier-février 1900. Amiens, T. Jeunet; 1 fasc. in-8°.

Publications of the Yerkes Observatory of the University of Chicago. Vol. I : *A general Catalogue of* 1290 *double stars, discovered from* 1871 *to* 1899 *by S.-W. Burnham. Arranged in order of right ascension with all the micrometrical measures of each pair,* by S.-W. Burnham. Chicago, 1900; 1 vol. in-4°.

Annals of the astronomical observatory of Harvard college; vol. XLIV, part. I : *Photometric revision of the Harvard photometry during the years* 1891-94, by Edward-C. Pickering. Cambridge, U. S., 1899; 1 fasc. in-4°.

Matériaux pour la climatologie du sud-ouest de la Russie, texte et cartes, par A. Klossovsky. Odessa, 1899; 2 fasc. in-4°.

Annales de l'observatoire magnétique et météorologique de l'Université impériale à Odessa, par A. Klossovsky; 5e année, 1898, et 6e année, 1899. Odessa, 1899-1900; 2 fasc. in-4°.

COMPTES RENDUS

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 14 MAI 1900,

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE LÉVY.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Ministre de l'Instruction publique** adresse une ampliation du Décret par lequel M. le Président de la République approuve l'élection que l'Académie a faite de M. *Suess* pour remplir la place d'Associé étranger devenue vacante par suite du décès de Sir *Ed. Frankland*.

ASTRONOMIE. — *Sur un appareil zénitho-nadiral destiné à la mesure des distances zénithales d'étoiles voisines du zénith.* Note de M. **A. Cornu**.

« Dans l'Astronomie de précision, la solution d'un grand nombre de problèmes est subordonnée à la connaissance d'une direction invariable servant de repère pour la mesure absolue des angles; c'est généralement

la verticale du lieu qu'on choisit comme repère, et on l'emprunte soit directement à la surface d'un bain de mercure, soit indirectement à des dispositifs mécaniques réglables par un niveau à bulle d'air.

» Le bain de mercure fournit la direction du nadir, c'est-à-dire la direction opposée au zénith, autour de laquelle se font en réalité les mesures de plus haute précision, et le raccordement s'opère à l'aide d'un cercle divisé qui transporte de 180° l'axe de la lunette d'observation pour la diriger alternativement du nadir au zénith; les erreurs de torsion des axes et celles de division du cercle entachent donc nécessairement les observations.

» L'autre type d'appareil, fondé sur la rectification d'un axe matériel à l'aide d'un niveau à bulle d'air, comporte aussi des causes d'erreur provenant de la constitution trop impressionnable du niveau et que j'ai eu l'occasion d'analyser à la Conférence géodésique de Bruxelles, en 1892.

» Les lunettes zénithales fixes rempliraient bien mieux le but proposé; aussi les astronomes ont-ils essayé à diverses reprises des lunettes visant directement le zénith et se repérant sur le nadir à l'aide d'appareils auxiliaires (comme le collimateur de M. Faye) qu'on approche et qu'on éloigne à volonté.

» Airy, dans son *Reflex Zenith-tube*, a supprimé tout appareil optique auxiliaire; mais il l'a remplacé par un dispositif mécanique rotatif qui introduit des incertitudes de même ordre.

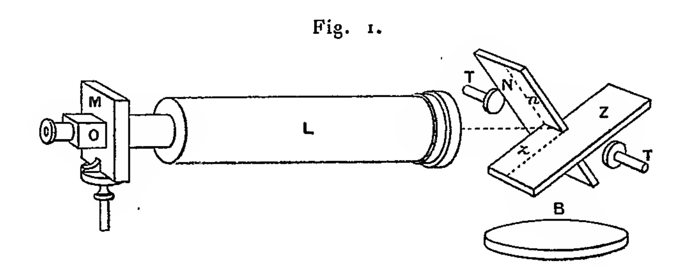
» En fait, il n'existe pas dans les observatoires d'appareil permettant de relier directement, c'est-à-dire *sans dispositif auxiliaire mobile*, les observations du zénith à celles du nadir : c'est cette lacune que j'ai essayé de combler de la manière suivante :

» L'appareil comprend une lunette horizontale L (*fig.* 1) munie d'un micromètre à fil mobile M et d'un oculaire à réflexion O (oculaire nadiral), orientée dans le méridien et visant au centre du système réflecteur TNZT, qui constitue le dispositif caractéristique de la méthode d'observation.

» Ce système est formé de deux miroirs plans NZ placés côte à côte mais empiétant l'un sur l'autre d'environ $\frac{1}{5}$ de leur largeur, grâce à une échancrure convenable (*fig.* 2). Ces deux miroirs sont inclinés d'un angle de 45° de part et d'autre de la verticale et sont liés entre eux (avec les rectifications nécessaires) par un bâti mobile autour d'un axe horizontal TT, perpendiculaire au méridien. L'un des miroirs Z est tourné

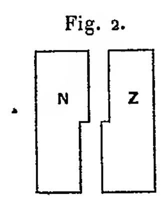
vers le haut et renvoie à travers la moitié de droite de l'objectif, dans l'axe de la lunette, l'image des étoiles voisines du zénith : l'autre miroir N est

Fig. 1.



tourné vers le bas et dirige sur un bain de mercure B le faisceau lumineux qui a traversé la moitié gauche de l'objectif et le ramène dans l'axe de la lunette pour former l'image focale réfléchie des fils du micromètre.

Fig. 2.



» Il résulte de cette disposition que l'observateur aperçoit simultanément quatre espèces d'images :

» 1° L'image de l'astre culminant au zénith;

» 2° La croisée des fils du micromètre (V, fil vertical fixe; H, fil horizontal mobile);

» 3° L'image de ces deux fils réfléchie sur le bain de mercure;

» 4° L'image de ces deux fils réfléchie par le dièdre réflecteur formé par les parties nz des deux miroirs qui empiètent l'une sur l'autre : l'image du fil vertical est simple; celle du fil horizontal est double lorsque les miroirs ne sont pas rigoureusement rectangulaires.

» Les images réfléchies des fils se distinguent très aisément les unes des autres : l'image nadirale du fil H se déplace en sens inverse du fil réel, car elle a subi un nombre impair de réflexions : l'image dédoublée du même fil, au contraire, suit le mouvement de ce fil parce qu'elle a subi deux réflexions; elle constitue deux images H', H″ symétriques, situées de part et d'autre du fil H à la distance constante $\pm 2\alpha$, en désignant par $90° + \alpha$ l'angle des deux miroirs.

» Considérons le cas le plus simple : les miroirs sont exactement rectangulaires ($\alpha = 0$), parfaitement parallèles à l'axe des tourillons : l'axe des tourillons est perpendiculaire à l'axe de la lunette et le système est incliné de telle sorte que la croisée des fils du réticule coïncide avec son image mercurielle.

» L'angle α étant nul, les images H', H″ réfléchies par *nz* coïncident aussi avec le fil mobile H du réticule.

» Il ne reste donc plus dans le champ, outre l'image de l'étoile, que la croisée des fils V, H qui détermine la direction du *nadir :* mais elle définit en même temps le zénith d'après une propriété bien connue des miroirs rectangulaires déjà mise à profit par Gauss dans son *Héliotrope*.

» Il en résulte que, dans le champ de vision de la lunette, le zénith coïncide avec le nadir : de là le nom d'*appareil nadiro-zénithal* (ou *zénitho-nadiral*) que je propose de donner à ce dispositif. On voit alors que la mesure de la distance zénithale de l'étoile se réduit au pointé de l'étoile avec le fil mobile H : la différence des lectures entre le pointé du nadir et le pointé de l'étoile donne directement la distance cherchée, si l'on connaît la valeur angulaire du tour de vis du micromètre ([1]). On observerait même le double de l'angle cherché en utilisant le mouvement inverse de l'image réfléchie du réticule, c'est-à-dire en faisant un second pointé, non avec le fil mobile, mais avec son image nadirale.

» On peut prévoir par cette première remarque que la multiplicité des images, bien loin d'apporter des complications fâcheuses, offrira des ressources inattendues.

» Passons maintenant au cas pratique où les deux miroirs ne sont pas rigoureusement rectangulaires. En faisant croître par la pensée l'erreur α de rectangularité, nous allons découvrir une singulière et bien utile propriété de l'une de ces images jumelles H' H″ que l'angle α fait apparaître.

» Partons donc de la rectangularité absolue et du réglage initial précédent : le champ de vision ne contient que l'image de la croisée des fils qui détermine à la fois le zénith et le nadir, ainsi que l'étoile. Inclinons d'un angle croissant α le miroir zénithal Z sans toucher au miroir nadiral réglé pour faire coïncider le fil H avec son image mercurielle. Le faisceau

---

([1]) L'appareil lui-même permet d'ailleurs d'effectuer cette détermination ; voici la plus directe des méthodes : on tourne d'un angle droit le micromètre et l'on observe la durée des passages d'une étoile circumpolaire réfléchie par le miroir Z incliné de l'angle convenable.

venant de l'étoile va tourner d'un angle 2α dans un certain sens, mais le faisceau réfléchi sur le dièdre réflecteur qui donne naissance à l'une des deux images H' H'' tourne aussi d'un angle 2α dans le même sens : donc ce déréglage qui dédouble l'image du fil horizontal fait que l'une des deux images H' H'' reste à la même distance de l'étoile; d'où il résulte que, malgré l'erreur de rectangularité des miroirs, l'une des images H' H'' pointe toujours sur le zénith.

» La mesure de la distance zénithale de l'étoile consistera donc encore à pointer sur l'étoile, non pas avec le fil H, mais avec son image H' ou H'', et la différence des lectures donnera la distance cherchée.

» Quant au choix des deux images H'H'', il ne comporte aucune ambiguïté, d'après la marche du faisceau indiquée ci-dessus : on voit que c'est l'image formée par le faisceau réfléchi d'abord par le miroir nadiral N, puis par le miroir zénithal; nous pouvons, pour abréger, l'appeler l'image *nadiro-zénithale*, par opposition à l'autre, qui sera l'image *zénitho-nadirale* laquelle se déplace en sens inverse. D'où l'on conclut la propriété suivante :

» *Lorsque l'image du fil mobile coïncide avec son image réfléchie au bain de mercure, l'image nadiro-zénithale de ce fil passe par le zénith quelle que soit l'erreur de rectangularité des deux miroirs.*

» Nous avons considéré comme vraiment pratique le cas où les deux miroirs ne sont pas complètement rectangulaires; il semble au contraire que la facilité avec laquelle on observe l'erreur α doit engager à l'annuler en réglant l'inclinaison des miroirs de manière à faire coïncider H'H'' avec H. Mais cette coïncidence d'un fil avec son image comporte une incertitude assez grande, bien connue des astronomes dans l'observation du nadir; elle est causée par l'erreur inévitable de parallaxe provenant de la difficulté de *mise au point* avec un oculaire à court foyer; cette difficulté résulte de la différence de grandeur angulaire des faisceaux émanés d'un fil réel et d'une image focale, c'est-à-dire d'images *hétérogènes*.

» L'énoncé précédent semble ne pas tenir compte de la difficulté du réglage initial en prenant comme point de départ la coïncidence du fil mobile H avec son image nadirale H_n. Mais cette inadvertance n'est qu'apparente, car on élimine l'erreur en remplaçant ce pointé par deux pointés symétriques obtenus en faisant coïncider successivement les images H'H'' avec H_n; la moyenne de ces deux pointés, qui ne mettent en jeu que des images focales de même nature ou *homogènes*, fournit le point de départ équivalent à la coïncidence HH_n.

» On a donc intérêt à donner aux miroirs un petit écart de rectangularité pour éliminer les erreurs, le plus souvent systématiques, qui affectent les pointés *hétérogènes*.

» Cette description succincte suffit à faire comprendre le principe de l'appareil et à montrer les ressources qu'il fournit pour varier les observations en vue d'éliminer certaines erreurs inhérentes aux dispositifs ordinaires.

» Je n'insisterai pas sur les méthodes de réglage et de mise en station de l'appareil : il suffira d'indiquer les trois parties principales des opérations à effectuer.

» I. *Réglage optique du système réflecteur.* — 1° Parallélisme des miroirs NZ à l'axe de rotation TT; on l'obtient par réflexion normale et retournement sur les tourillons;

» 2° Rectangularité approchée des miroirs par l'observation de l'image de la pupille sur l'arête du dièdre *nz* suivant l'artifice bien connu des opticiens;

» 3° Horizontalité de l'axe des tourillons à l'aide d'un niveau, ou mieux par réflexion normale d'un réticule sur le bain de mercure et sur les deux miroirs préalablement réglés, à l'aide d'un collimateur auxiliaire.

» II. *Réglage de l'axe optique et du réticule de la lunette.* — 1° Perpendicularité de l'axe optique de la lunette sur l'axe de rotation TT; on l'obtient par réflexion normale et retournement des miroirs maintenus dans une position verticale (l'horizontalité de la lunette n'est pas nécessaire, l'appareil conserve toutes ses propriétés pour des inclinaisons très étendues du système réflecteur);

» 2° Horizontalité du fil horizontal H du micromètre; lorsque le fil n'est pas parallèle à l'arête du dièdre réflecteur, qui est rigoureusement horizontale, les images H′ H″ font avec lui un angle double de l'erreur.

» III. *Réglage astronomique.* — Si la lunette et le système réflecteur sont solidaires (par installation sur une pièce mobile en azimut), on orientera l'axe optique de la lunette dans le méridien en tournant l'ensemble de l'appareil de manière à amener à la croisée des fils l'image d'une circumpolaire à son passage au méridien : le cercle divisé solidaire des miroirs permet d'amener le miroir Z à l'inclinaison convenable.

» J'ai l'honneur de mettre sous les yeux de l'Académie un modèle du système réflecteur décrit ci-dessus avec lequel j'ai effectué toutes les études préliminaires : un collimateur vertical placé au-dessus du miroir Z fournissait une étoile artificielle zénithale.

» Grâce à la bienveillance de notre confrère M. Lœvy, Directeur de l'Observatoire, l'appareil a été mis en station dans l'une des coupoles de la terrasse avec le concours de M. Bigourdan.

» Les réglages ont été effectués de jour et de nuit sur divers astres;

nous avons pu nous rendre compte du bon fonctionnement de l'appareil en observant de nuit quelques étoiles très faibles qui passaient au zénith.

» L'appareil sera réinstallé bientôt, lorsque les réparations urgentes de la coupole seront terminées. Mais nous sommes d'ores et déjà assurés qu'après quelques perfectionnements secondaires, l'appareil construit avec des dimensions suffisantes remplira le but auquel il est destiné. Il sera surtout précieux dans les observatoires placés à des latitudes telles que des étoiles d'éclat suffisant pour être visibles au crépuscule culminent à leur zénith. »

M. Mascart fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage qu'il vient de publier sous le titre : « Traité de Magnétisme terrestre ».

NOMINATIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à la nomination de Commissions de prix chargées de juger les concours de 1900.

Le dépouillement des scrutins donne les résultats suivants :

Prix Godard.—MM. Guyon, Bouchard, Lannelongue, Potain, Brouardel.

Prix Parkin. — MM. Bouchard, d'Arsonval, Brouardel, Potain, Duclaux, Guyon.

Prix Bellion. — MM. Bouchard, Potain, Guyon, Brouardel, Lannelongue.

Prix Mège. — MM. Bouchard, Guyon, Potain, Lannelongue, Marey.

Prix Dusgate. — MM. Bouchard, Potain, Brouardel, Lannelongue, Marey.

Prix Lallemand. — MM. Bouchard, Marey, Ranvier, Potain, d'Arsonval.

Prix du baron Larrey. — MM. Lannelongue, Guyon, Bouchard, Brouardel, Potain.

Prix Montyon (Physiologie expérimentale). — MM. Marey, d'Arsonval, Chauveau, Bouchard, Van Tieghem.

Prix Pourat.—MM. Marey, Bouchard, d'Arsonval, Chauveau, Brouardel.

Prix Martin-Damourette. — MM. Bouchard, Marey, d'Arsonval, Potain, Chauveau, Guyon.

MÉMOIRES PRÉSENTÉS.

M. Firmin Larroque soumet au jugement de l'Académie un Mémoire ayant pour titre : « Sur les vibrations nerveuse et psycho-nerveuse d'ordre musical et sur la vibration psycho-nerveuse d'ordre purement intellectuel ».

(Renvoi à la Section de Physique.)

M. Georges Back adresse une Note relative à un ballon d'une construction spéciale.

(Renvoi à la Commission des Aérostats.)

M. E. Roger adresse un complément à sa Communication du 4 décembre 1899 sur la Navigation aérienne.

(Renvoi à la Commission des Aérostats.)

CORRESPONDANCE.

M. Burdon-Sanderson, élu Correspondant pour la Section de Médecine et Chirurgie, adresse ses remercîments à l'Académie.

M. Y. Delage prie l'Académie de vouloir bien le comprendre parmi les candidats à la place devenue vacante dans la Section d'Anatomie et Zoologie par suite du décès de M. *Blanchard*.

(Renvoi à la Section d'Anatomie et Zoologie.)

M. le Ministre des Affaires étrangères transmet à l'Académie des documents qu'il a reçus de M. le Chargé d'Affaires de France à La Paz et qui sont relatifs à un bolide tombé en Bolivie (Extrait).

« Ce météore a été observé le 20 novembre 1899 à $7^h 24$ du soir par une nuit sereine et un ciel étoilé, alors que la Lune n'était pas encore visible. D'après des reporters du journal *El Heraldo* qui se trouvaient sur la colline

de Saint-Sébastien à une petite distance de la ville de Coronilla, le bolide a parcouru en ligne droite en cinq à sept secondes, du sud-ouest au sud-est, le tiers de l'horizon visible; il avait la forme d'un énorme disque blanc rougeâtre, terminé par une traînée de couleur bleu électrique. Il aurait fait explosion au voisinage de la ville de Pazedon, à 12 lieues de Cochabamba, en projetant sur le sol des météorites. »

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les séries divergentes*. Note de M. **Le Roy**, présentée par M. Poincaré.

« I. Soit $\varphi(x)$ une fonction quelconque finie et continue dans l'intervalle $(0, 2\pi)$. On en déduit une série trigonométrique

$$(1) \qquad \sum_0^\infty (\alpha_n \cos nx + \beta_n \sin nx)$$

qui peut être divergente. Mais, dans tous les cas, l'expression

$$(2) \qquad \sum_0^\infty (\alpha_n \cos nx + \beta_n \sin nx) e^{-n^2 t} \qquad (t > 0)$$

tend vers $\varphi(x)$ lorsque t tend vers zéro. L'expression (2) est d'ailleurs déterminée d'une façon unique quand on donne $\varphi(x)$. On peut donc dire que $\varphi(x)$ est la somme de la série divergente (1), puisque la seule connaissance de cette série (1) permet de calculer sans ambiguïté $\varphi(x)$. J'ajoute que cette définition est d'accord avec la définition usuelle de la somme si la série (1) se trouve être convergente.

» Le procédé que je viens de décrire s'applique, en général, aux séries que l'on rencontre en Physique mathématique et spécialement dans la Théorie de la Chaleur.

» Je me propose de l'étendre au cas des séries entières d'une variable complexe.

» II. Considérons la progression géométrique $\sum_0^\infty z^n$. Supposons que z reste dans le domaine T limité sur le plan z par une coupure rectiligne allant de $z = 1$ à $z = +\infty$ le long de l'axe réel.

» Soit J_0 la fonction de Bessel. On a

$$\int_0^\infty J_0(\lambda)\,d\lambda = 1,$$

et, par suite,

$$\frac{1}{1-z} = \lim_{\theta=0} \int_0^\infty \frac{J_0(\lambda)\,d\lambda}{e^{\theta\lambda}-z} = \lim_{\theta=0} \frac{1}{\theta} \int_0^\infty \frac{J_0\left(\frac{\tau}{\theta}\right)d\tau}{e^{\tau}-z}.$$

» Or

$$J_0(u) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^\infty e^{-y^2} G(uy)\,dy, \qquad G(u) = \sum_0^\infty \frac{(-1)^p u^{2p}}{p!\,2p!},$$

d'où

$$\frac{1}{1-z} = \lim_{\theta=0} \frac{2}{\theta\sqrt{\pi}} \int_0^\infty \int_0^\infty \frac{e^{-y^2} G\left(\frac{\tau}{\theta}y\right)}{e^{\tau}-z}\,d\tau\,dy.$$

» Posons

$$A = \frac{2}{\theta\sqrt{\pi}} \int_0^\infty \int_0^\infty \frac{e^{-y^2} G\left(\frac{\tau}{\theta}y\right)}{e^{\tau}-z} \cos(2ty)\,dy.$$

» La limite de A est $\frac{1}{1-z}$ quand t, puis θ, tendent vers zéro.

» Mais, d'autre part, pour $|z| < 1$, on a

$$\int_0^\infty \frac{G\left(\frac{\tau}{\theta}y\right)}{e^{\tau}-z}\,d\tau = \sum_0^\infty \frac{1}{n+1} e^{-\frac{y^2}{\theta^2(n+1)^2}} z^n,$$

$$A = \sum_0^\infty z^n e^{-t^2\theta^2(n+1)^2},$$

et la seconde formule subsiste évidemment, quel que soit z dans T. Posons alors $\tau = t^2\theta^2$. L'expression

$$J = \sum_0^\infty z^n e^{-n^2\tau} = 1 + zA$$

tend vers $\frac{1}{1-z}$ quand τ tend vers zéro.

» *Nous conviendrons de dire que la progression géométrique est sommable dans le domaine* T *et a pour somme* $\frac{1}{1-z}$.

» III. Soit $f(z)$ une fonction analytique. Appelons T′ le domaine obtenu

en traçant sur le plan z des coupures allant de chaque point singulier de $f(z)$ à l'infini le long du rayon vecteur du point singulier considéré. Supposons qu'on ait autour de l'origine

$$f(z) = \sum_0^\infty \alpha_n z^n.$$

» L'intégrale de Cauchy, combinée avec le résultat précédent, montre que $\sum_0^\infty \alpha_n z^n e^{-n^2 t}$ tend vers $f(z)$ quand t tend vers zéro, pourvu que z reste dans T'.

» *La série* $\sum_0^\infty \alpha_n z^n$ (*ainsi que ses dérivées ou intégrales*) *est donc sommable dans tout le domaine* T' *et a pour somme* $f(z)$. *Ainsi se trouve obtenu le prolongement de* $f(z)$ *dans tout son domaine naturel d'existence.*

» La méthode précédente permet d'attribuer une somme bien définie à toute série divergente de module fini. Rien n'empêche de l'appliquer aux séries entières toujours divergentes, pourvu que $\sum_0^\infty \alpha_n z^n e^{-n^2 t}$ soit une fonction entière.

» IV. Revenons à $f(z)$. On peut la représenter avec une approximation quelconque, dans T', par $\sum_0^\infty \alpha_n z^n e^{-n^2 t}$; en limitant cette dernière série convenablement, on peut lui substituer un polynome en z. *Donc, dans tout domaine intérieur à* T', $f(z)$ *est représentable par une série absolument et uniformément convergente de polynomes.* On retrouve ainsi de la façon la plus simple un théorème récemment établi par M. Mittag-Leffler.

» V. D'une façon générale, les expressions divergentes

$$\sum_0^\infty u_n; \quad \int_0^\infty u(x)\,dx$$

peuvent être définies en étudiant la limite pour $t = 0$ de

$$\sum_0^\infty u_n e^{-n^2 t}, \quad \int_0^\infty e^{-tx^2} u(x)\,dx.$$

Je reviendrai prochainement, si l'Académie le permet, sur cette double

théorie des *séries divergentes* et des *intégrales divergentes*, en même temps que j'exposerai d'autres applications des mêmes principes. »

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la représentation des fonctions non uniformes*. Note de M. L. **Desaint**, présentée par M. Picard.

« Je m'appuie sur la proposition suivante :

» *Une fonction à point de non-uniformité unique, confondu avec l'origine, admet à l'intérieur d'un cercle* C *de rayon r inférieur à l'unité, tel que* $f(z)$ *n'ait pas d'autres discontinuités à son intérieur, le développement en série*

$$(1) \qquad f(z) = \Sigma A_n \left(\frac{1}{\log z} - \frac{1}{2 \log r} \right)^n.$$

» *Aux déterminations multiples de* $\log z$ *correspondent les déterminations multiples de la fonction.*

» Ce résultat, dû à M. Picard, appelle l'attention sur le problème suivant. Partons, *a priori*, d'un développement tel que (1); nous supposerons la fonction $f(z)$ connue seulement par ce développement; c'est donner la fonction avec un minimum de connaissance qui se confond avec l'ensemble dénombrable ΣA_n. Si nous savons d'avance que l'origine est l'unique point de non-uniformité, nous appellerons le développement précédent l'*élément fondamental de non-uniformité*, parce que de ce développement dérivent toutes les branches de la fonction.

» Précisons encore, et posons le problème que nous avons en vue et qui s'énonce ainsi :

» *La fonction* $f(z)$ *étant analytique, à point de non-uniformité unique confondu avec l'origine et connue seulement par son élément fondamental de non-uniformité, déterminer la fonction* ϖ *telle que l'on ait pour toutes valeurs de* z *du domaine d'existence de la fonction* $f(z)$ *et pour toutes les branches de celle-ci*

$$f(z) = \varpi(z).$$

» Pour résoudre ce problème, je m'appuierai sur un théorème que je signale en passant comme application de la méthode générale dont j'ai expliqué le procédé aux débuts de ma Note du 9 avril 1900.

» *Soit* $f(z)$ *une fonction uniforme donnée à l'intérieur d'une aire par un développement en série*

$$f = \Sigma A_n \varphi^n(z)$$

et seulement connue par ce développement; désignons par ρ *un nombre tel que*

$$\Sigma A_n \rho^n$$

soit convergente. La fonction $f(z)$, *supposée fonction analytique, est définie pour toutes valeurs de la variable de son domaine d'existence par l'intégrale*

$$\int_0^1 \frac{\varphi(z)\,H(y)+I(y)}{\left[\frac{\varphi(z)}{\rho}\right]^2 - \frac{2\varphi(z)}{\rho}\cos Ly + 1}\,dy.$$

» Or faisons dans le développement (1)

$$z = e^x.$$

» La fonction $f(r)$ s'écrit

$$f(r) = F(x),$$

où $F(x)$ est uniforme et donnée par suite, d'après la remarque précédente, par l'intégrale définie

$$F(x) = \int_0^1 \frac{\left(\frac{1}{x} - \frac{1}{2\log r}\right)H(y) + I(y)}{\left(\frac{2\log r'}{x} - \frac{\log r'}{\log r}\right)^2 - 2\left(\frac{2\log r'}{x} - \frac{\log r'}{\log r}\right)\cos Ly + 1}\,dy.$$

où

$$r' \leqq r.$$

» La fonction $f(z)$, analytique et à point de non-uniformité unique, est donc représentée dans tout son domaine d'existence par l'intégrale définie

$$f(z) = \int_0^1 \frac{\left(\frac{1}{\log z} - \frac{1}{2\log r}\right)H(y) + I(y)}{\left(\frac{2\log r'}{\log z} - \frac{\log r'}{\log r}\right)^2 - 2\left(\frac{2\log r'}{\log z} - \frac{\log r'}{\log r}\right)\cos Ly + 1}\,dy.$$

» Aux déterminations multiples de $\log z$ correspondent les déterminations multiples de la fonction dans tout le plan.

» Si le développement (1) n'était pas un élément fondamental de non-uniformité, c'est-à-dire si la fonction possédait plusieurs points de ramification, l'intégrale définie représenterait encore $f(z)$ dans son domaine d'existence, à condition que l'on fasse partir des autres points de ramification en dehors de l'origine des coupures convenables.

» Dans le cas de plusieurs points de ramification l'élément fondamental

de non-uniformité serait déterminé par un développement en série valable à l'intérieur d'une aire (à contour simple par exemple), entourant tous les points de non-uniformité.

» Le problème de la représentation des fonctions non uniformes dans tout leur domaine d'existence se ramène à la recherche de développements tels que (1), qui une fois connus peuvent inversement servir de point de départ à la connaissance entière de ces fonctions dans tout leur domaine d'existence. »

PHYSIQUE. — *Sur une modification des surfaces métalliques sous l'influence de la lumière* [1]. Note de M. **H. Buisson**, présentée par M. J. Violle.

« On sait qu'un métal récemment décapé est beaucoup plus actif, au point de vue de la déperdition de l'électricité négative par la lumière ultra-violette, qu'après un certain temps d'usage. En étudiant cette variation de sensibilité, j'ai constaté que la lumière modifiait certaines propriétés superficielles et, mettant à part les altérations profondes d'origine chimique, j'ai obtenu les résultats suivants :

» I. *Vitesse de la déperdition.* — En employant la lumière du soleil, plus constante et contenant moins de rayons ultra-violets que l'arc, et pour laquelle quelques métaux seuls sont actifs, on a une sensibilité plus grande pour l'étude de la variation de la surface, car un faible changement cause une grande différence dans la déperdition, tandis qu'avec une source plus riche en rayons efficaces, presque tous les corps manifestent la déperdition et les variations sont moins considérables.

» Une lame de zinc ou d'aluminium [2], ou mieux de zinc amalgamé, fraîchement nettoyée, présente la déperdition négative avec la lumière solaire. Immédiatement après le décapage, la vitesse de décharge est extrêmement grande, mais elle diminue régulièrement et tend vers zéro. La rapidité, mais non l'allure de cette diminution, dépend de la richesse de la lumière en rayons ultra-violets.

» Cette variation de sensibilité n'est pas due essentiellement à une altération, telle qu'une oxydation, produite par l'air seul. C'est la lumière qui est l'agent actif. En effet, une telle lame, laissée plusieurs heures à l'obscurité après avoir été nettoyée, et exposée ensuite à la lumière se comporte comme une lame neuve. Bien plus, sa sensibilité s'est considérablement accrue.

» Enfin, cet affaiblissement de la sensibilité que la lumière a apporté à la surface métallique n'est pas permanent. Il disparaît à l'obscurité, et après un séjour d'une

---

(1) Travail fait au laboratoire de Physique de l'École Normale supérieure.

(2) Branly, *Comptes rendus*, t. CXVI, p. 741; 1893.

durée suffisante à l'abri de la lumière, la lame se comporte comme si elle n'avait jamais été éclairée.

» C'est avec le zinc amalgamé que les résultats sont les plus nets. Avec lui, en effet, on a une surface parfaitement neuve en essuyant fortement le métal. Pour le zinc et l'aluminium, il semble qu'il s'ajoute à l'action de la lumière une lente altération permanente, comme le serait une oxydation.

» II. *Variation de la différence de potentiel.* — On peut manifester cette modification de la surface par l'étude d'une autre propriété superficielle : la différence apparente de potentiel entre deux métaux. Dans cette quantité figure un terme relatif à la surface de séparation du métal et du milieu; tout changement de cette surface se retrouve dans la différence de potentiel.

» Une lame d'un métal, laissée depuis assez de temps à l'obscurité, présente une différence de potentiel définie avec une autre lame donnée servant de témoin. Éclairée par le Soleil et comparée ensuite avec la lame qui n'a pas subi d'éclairement, elle a une nouvelle valeur de la différence de potentiel.

» Cette valeur n'est pas fixe; elle varie, rapidement d'abord, puis plus lentement, pour revenir à la valeur antérieure à l'éclairement, après un temps suffisant.

» La plupart des métaux, aluminium, zinc, cuivre, étain, plomb, antimoine, bismuth, laiton, zinc amalgamé, sont plus électro-négatifs après avoir été éclairés. La variation peut s'élever à dix et douze centièmes de volt.

» Le platine seul se comporte d'une façon inverse; il devient plus positif.

» Quelques métaux, l'or, l'argent, le fer, donnent des résultats très faibles et par suite peu précis.

» Une étude plus complète faite sur une certaine lame (un miroir métallique) fournit les résultats suivants :

» Il y a deux potentiels définis, l'un à l'obscurité, l'autre à la lumière; leur différence est d'environ $0^v,125$. La valeur obtenue à la lumière ne dépend pas de l'intensité, tant que celle-ci reste considérable; c'est ainsi qu'on a la même variation, depuis le potentiel à l'obscurité, en prenant la lumière du Soleil seule, celle du ciel ou des nuages seule, ou en les faisant agir ensemble.

» La variation n'est pas instantanée, mais elle est rapide. Après trente secondes d'éclairement, elle s'élève à la moitié de sa valeur définitive; après deux minutes, elle l'a presque entièrement atteinte.

» Un verre rouge ou jaune arrête presque totalement l'action des rayons; un verre vert (laissant passer le bleu) donne environ la moitié de la radiation, un verre incolore donne la variation presque totale. On serait donc amené à penser que l'extrême ultraviolet, arrêté par ce dernier verre, agit peu. Il n'en est rien, et son action est très remarquable.

» Si l'on éclaire avec l'arc électrique, sans interposer d'écran, on constate une variation de potentiel nulle. Si l'on recommence en interposant entre l'arc et le métal une lame de verre, on retrouve une variation notable, de même sens qu'avec la lumière du soleil. C'est donc que les rayons extrêmes du spectre de l'arc, arrêtés par le verre, agissent en sens inverse des rayons moins réfrangibles et les neutralisent.

» Avec le zinc, cette action inverse est encore plus nette. En l'éclairant avec l'arc, la variation produite n'est pas nulle, mais positive; l'interposition d'une lame de verre

rend la variation négative comme avec le Soleil. Il y a donc une *longueur d'onde d'inversion* qui sépare le spectre en deux régions; la plus réfrangible cause une variation de potentiel négative, l'autre une variation positive. Pour le zinc, cette longueur d'onde est d'environ $0^{\mu},310$.

» Pour d'autres métaux, le cuivre, l'aluminium, cette inversion ne se rencontre pas.

» Ainsi, dans certains cas, l'action des différentes radiations est de sens inverse. Il y a là quelque analogie avec d'autres actions de la lumière, par exemple celle des rayons rouges opposée à celle des rayons violets sur la plaque daguerrienne et aussi en phosphorescence.

» En faisant varier le milieu, remplaçant l'air par l'oxygène, l'anhydride carbonique, l'hydrogène bien privé d'oxygène, et aussi en abaissant la pression à un centimètre de mercure, la variation reste la même que dans l'air à la pression ordinaire.

» III. *Variation d'une propriété chimique.* — Une lame de zinc fraîchement amalgamée est exposée au soleil contre un écran percé de trous, ou mieux est appliquée contre une plaque photographique entièrement noire, dont on a enlevé la gélatine par endroits, afin qu'une action possible de l'air soit la même partout. Après quelques minutes on la retire. Il n'y a alors aucune différence d'aspect en ses points, mais si on l'expose à la vapeur d'iode on développe l'image latente, et le dessin de l'écran apparaît, l'iode attaquant davantage les parties qui n'ont pas été éclairées. Dans ce cas, c'est une propriété chimique de la surface qui a été modifiée.

» IV. *Propriétés optiques.* — J'ai essayé, mais vainement, de mettre en évidence une altération des propriétés optiques, en étudiant les éléments d'un rayon lumineux polarisé qui s'est réfléchi sur la surface métallique.

» Ce résultat négatif est à rapprocher de celui qui a été observé par M. Lippmann (¹) pour une lame métallique qui subit la polarisation voltaïque.

» Il est vraisemblable que les propriétés optiques font intervenir une épaisseur de métal plus considérable que celle qui intéresse les phénomènes électriques et sur laquelle porte la variation étudiée.

» En résumé, sous l'influence de la lumière, la surface passe d'un état à un autre, qui n'est pas permanent et qui disparaît peu à peu quand l'énergie des radiations lui fait défaut. Il semble qu'un équilibre se déplace, le sens du déplacement pouvant varier avec la nature des radiations. »

ÉLECTRICITÉ. — *Sur les propriétés thermo-électriques de divers alliages.* Note de M. ÉMILE STEINMANN (²), présentée par M. A. Cornu.

« Mes recherches ont porté sur : une série de dix aciers au nickel (³), de quatre platines iridiés, trois bronzes d'aluminium, cinq bronzes télé-

---

(¹) LIPPMANN, *Journal de Physique*, t. X, p. 202; 1881.

(²) Travail du Laboratoire de Physique de l'Université de Genève.

(³) Ces aciers sont ceux qui ont été étudiés quant à leurs propriétés magnétiques

graphiques, cinq laitons, quatre maillechorts; chaque série provenant d'une même usine.

» La courbe de la force électromotrice a été déterminée par cinq points, l'une des soudures étant à 0°, l'autre dans une enceinte maintenue successivement à la température d'ébullition de l'acétone (55°), de l'alcool propylique (95°), de l'acétate d'amyle (140°), de l'orthotoluidine (195°), du benzoate d'amyle (260°).

» La mesure des forces électromotrices a été faite par la méthode de compensation de Poggendorff, modifiée par Du Bois-Beymond.

» Le circuit principal comprenait un accumulateur et une résistance de 13500 Ω environ en constantan; le circuit dérivé comprenait un galvanomètre Thomson de grande sensibilité et alternativement un élément-étalon Clark, le couple thermo-électrique en expérience. Le rapport des résistances interceptées sur le circuit principal par les deux extrémités de la dérivation, suivant que le Clark ou le couple thermo-électrique entrait dans le circuit dérivé, donnait directement le rapport des forces électromotrices du Clark et du couple.

» Par un fractionnement convenable de la résistance de 13500 Ω, la résistance de compensation a pu être déterminée chaque fois très exactement par le déplacement d'un curseur sur un fil calibré. Les forces électromotrices mesurées ont varié entre 15 et 6300 microvolts.

» Des précautions particulières avaient été prises pour éviter dans le circuit dérivé la production de forces électromotrices *parasites*, étrangères à celle qu'il s'agissait de déterminer: les soudures du couple avec les fils du galvanomètre, par exemple, étaient maintenues toutes deux à la même température par une circulation d'eau, etc.; en outre, chaque observation était immédiatement suivie de la mesure de la déviation que donnait au galvanomètre le circuit dérivé fermé sur lui-même, le couple thermo-électrique étant mis hors circuit. Cette déviation, traduite en micro-ampères et multipliée par la résistance donnait la force électrômotrice *parasite* à ajouter, ou à retrancher, la force électromotrice *brute* observée.

» De la discussion des conditions expérimentales et des causes d'erreur il résulte que l'erreur probable sur chaque résultat ne dépasse pas deux microvolts.

---

par M. E. Dumont (*Comptes rendus*, 7 mars 1898). Je tiens à remercier ici M. C.-Ed. Guillaume, qui a bien voulu les mettre aussi à ma disposition.

» Pour donner une idée des grandeurs observées, je donne ici un Tableau des forces électromotrices entre 0° et 100° des couples formés par les alliages étudiés avec un fil de plomb chimiquement pur.

» Le signe + signifie que le courant va du plomb à l'alliage à travers la soudure chaude.

» Les nombres marqués ** sont ceux qu'indique Noll (*Wied Ann.*, t. LIII; 1894); ceux marqués * sont de Dewar et Fleming (*Phil. Mag.*, 5e série, t. XL; 1895). Je les donne ici à titre de comparaison.

	Mv.
Fer pur.................	+1453*; +1199**
Acier à 5 °/₀ Ni.........	− 341,0
» à 22 °/₀ Ni et Cr....	− 328,0
» à 24 °/₀ Ni.........	− 506,3
» à 26 °/₀ Ni.........	− 266,7
» à 28 °/₀ Ni.........	−2461,0
» à 30,4 °/₀ Ni.......	− 618,3
» à 35,5 °/₀ Ni.......	− 742,3
» à 35,7 °/₀ Ni et Cr..	−1001,7
Cu pur.................	+ 287,3
Bronze de conduct. 95 °/₀..	+ 275,1
» 85 °/₀..	+ 249,0
» 60 °/₀..	+ 208,5
» 40 °/₀..	+ 82,9
» 30 °/₀..	+ 117,0
Étain pur................	+ 5,7*; − 6,0**
95 °/₀ Cu, 5 °/₀ Al....	+ 75,7
92,5 °/₀ 7½ °/₀	+ 125,9
90 °/₀ 10 °/₀	+ 128,3
Al pur..................	−39,4*; −40 **

				Mv.
Acier à 39,4 °/₀ Ni............				−2023,9
» à 44 °/₀ Ni..............				−2631,8
Nickel pur.....................				−1888*; −1866**
Platine pur....................				−414,2; − 409**
Platine à 10 °/₀ d'iridium......				− 802,4
» à 20 °/₀ »				+ 767,2
» à 30 °/₀ »				+ 625,6
» à 40 °/₀ »				+ 573,0
Cu pur.........................				+ 316*; + 324*
Laiton (89 °/₀ Cu, 11 °/₀ Zn)...				+ 122,1
» (77 °/₀ 23 °/₀)...				+ 95,9
» (74 °/₀ 26 °/₀)...				+ 94,3
» (68 °/₀ 32 °/₀)...				+ 79,7
» (64 °/₀ 36 °/₀)...				− 10,2
Zn pur.........................				+ 323*; + 290**
	Cu.	Zn.	Ni.	
Maillechort.	50,8	21,5	27,9	−1380,7
» .	47,1	24,3	27,7	−1160,7
» .	59,7	29,1	12,0	−1048,2
» .	60,5	14,2	25,9	−1651,2

» Voici enfin, à titre d'exemple de la marche des courbes dans une même série, les résultats complets des laitons :

Laiton à 11 °/₀ Zn.		Laiton à 23 °/₀ Zn.	
t.	e.	t.	e.
57°,2........	+ 58,5 Mv	55°,1........	+ 44,6 Mv
95,2........	+114,0	94,6........	+ 89,0
137,7........	+186,0	137,6........	+144,1
197,0........	+302,6	196,4........	+232,2
258,1........	+420,6	258,3........	+339,2

Laiton à 26 °/₀ Zn.		Laiton à 32 °/₀ Zn.		Laiton à 36 °/₀ Zn.	
t.	e.	t.	e.	t.	e.
55°,5....	+ 44,8 Mv	59°,8....	+ 36,3 Mv	55°,2....	— 15,4 Mv
93,5....	+ 86,3	96,2....	+ 75,4	94,2....	— 12,3
134,8....	+136,9	136,1....	+120,7	138,3....	— 3,5
197,5....	+231,5	197,4....	+199,7	198,4....	+ 25,0
258,9....	+333,9	257,6....	+290,2	260,2....	+ 82,2

» D'une manière générale, les conclusions à tirer de ma recherche sont les suivantes :

» 1° Les courbes de force électromotrice des alliages binaires sont superposées dans l'ordre des teneurs en l'un des composants (cette loi se vérifie seize fois sur 17 alliages binaires étudiés);

» 2° Les courbes de force électromotrice des alliages binaires sont comprises toutes entre celles des composants ou toutes en dehors de celles des composants.

» Il n'est pas permis de déduire de ces deux remarques que l'alliage le plus riche en l'un des composants soit celui dont la courbe est la plus rapprochée de celle de ce composant. Le contraire arrive même le plus souvent.

» Dans les alliages ternaires (maillechorts, soit laitons ou nickel) et dans les aciers au nickel, il n'y a pas de règle simple qui relie la force électromotrice à la composition chimique. On peut remarquer cependant que la présence du nickel, même à faible dose, a pour effet de rapprocher beaucoup la courbe d'un alliage de celle du nickel. »

ÉLECTRICITÉ. — *Transmissions duplex et diplex par ondes électriques.* Note de M. **Albert Turpain**, présentée par M. Mascart.

« Le problème de la transmission télégraphique duplex a pour but de permettre entre deux postes A et B, reliés par un fil unique, la transmission d'un télégramme de A vers B en même temps que celle d'un télégramme de B vers A.

» Les diverses solutions que la télégraphie par courant continu a données de ce problème (méthode différentielle, méthode du pont de Wheatstone, méthodes de Mance, d'Edison, de Muirhead, d'Ailhaud) nécessitent l'établissement en A et en B d'une ligne factice, équivalente à la ligne réelle en ce qui concerne la résistance et la capacité. L'obligation de distribuer la résistance et la capacité de la ligne factice à la manière dont

elles sont distribuées sur la ligne réelle rend la construction des lignes factices délicate et coûteuse lorsque la ligne réelle est un câble sous-marin ou souterrain.

» Nous nous sommes proposés d'utiliser les ondes électriques à la solution du problème de la transmission duplex. La solution utilisant les ondes n'oblige pas à se servir de lignes factices; elle est en outre plus générale que celles utilisées dans la télégraphie par courant continu.

» Elle consiste à assurer la transmission de A vers B au moyen du courant emprunté à une pile à la manière usitée ordinairement en télégraphie. La transmission de B vers A s'effectue au moyen d'ondes électriques produites en B par un excitateur, concentrées sur la ligne au moyen d'un manipulateur, et qui parviennent en A à un résonateur à coupure dans la coupure duquel on intercale une pile locale et le récepteur à influencer. On augmente la sensibilité du résonateur en disposant un cohéreur entre les deux pôles de son micromètre.

» Le parfait fonctionnement des appareils ainsi disposés nécessite quelques précautions.

» Les ondes produites en B et envoyées sur la ligne peuvent suivre deux chemins, la ligne BA et le conducteur qui permet au courant continu envoyé par A d'agir sur le récepteur de B. En suivant ce second chemin les ondes risqueraient d'endommager l'isolant de l'électro-aimant du récepteur de B. De plus, les ondes qui parviendraient en A se trouveraient notablement affaiblies.

» Pour protéger l'électro-aimant du récepteur de B, il suffit de l'enfermer dans une enceinte métallique mise en communication avec le fil de l'électro-aimant. Les ondes électriques n'intéressant que la surface des conducteurs qui les concentrent ne risquent plus d'endommager l'électro-aimant.

» Pour empêcher la majeure partie des ondes d'être propagées par le second chemin qui leur est offert, il suffit de comprendre au nombre des conducteurs qui forment ce chemin une cuve électrolytique ou une bobine de fil de fer noyée dans la paraffine.

» La solution ainsi réalisée permet d'utiliser un appareil télégraphique donné pour la transmission de A vers B, alors qu'on emploie un appareil différent pour la transmission de B vers A.

» Cette solution utilise concurremment le courant continu et les ondes électriques sans que les dispositifs assurant le fonctionnement par courant continu influent sur le fonctionnement de ceux utilisant les ondes.

On peut donc disposer les deux groupes d'appareils à distance. C'est ainsi qu'on peut permettre l'échange de communications entre deux postes A et B au moyen du courant continu en même temps que deux autres postes C et D, intermédiaires, empruntent le fil même qui relie A et B pour communiquer entre eux au moyen des ondes électriques. En permettant cette combinaison la solution actuelle offre un avantage sur celles ordinairement employées.

» Nous avons expérimenté ces dispositifs entre deux postes situés à 350^m l'un de l'autre. Les deux postes étaient munis d'appareils de Morse et les signaux simultanément émis étaient reçus sans qu'une des transmissions influât sur l'autre.

» La ligne était constituée par un des fils de protection du secteur de la station de Bordeaux-les-Chartrons ([1]). Le voisinage des fils du secteur n'eut aucune influence sur la transmission, malgré la grande intensité du courant qui les parcourait. Il semble donc que la télégraphie par ondes électriques puisse être réalisée sur les fils mêmes qui servent actuellement en télégraphie par courant continu sans nécessiter d'isolement spécial.

» *Transmission diplex.* — La transmission diplex, qui permet d'envoyer simultanément deux télégrammes dans le même sens de A vers B, peut être également assurée en employant concurremment le courant continu et les ondes électriques. Il suffit de disposer au même poste A le manipulateur utilisant le courant de la pile et l'excitateur d'ondes électriques ; on place au même poste B les deux récepteurs, l'un fonctionnant au moyen du courant continu, le second au moyen des ondes électriques et par l'intermédiaire du résonateur à coupure. »

PHYSIQUE. — *Expériences de télégraphie sans fil en ballon libre.* Note de MM. **Joseph Vallot, Jean** et **Louis Lecarme**, présentée par M. de Lapparent.

« Nous avons profité d'une ascension aérostatique faite par l'un de nous (M. J. Vallot) dans le but de prendre part aux observations météorolo-

---

([1]) Ce fil était soutenu par des cloches de porcelaine à la manière des fils télégraphiques ordinaires. Il avait été aimablement mis à notre disposition par M. Renous, directeur de la station électrique de Bordeaux-les-Chartrons.

giques internationales du 12 mai, pour continuer les expériences que nous avions entreprises l'été dernier au mont Blanc [1].

» L'objet de la présente expérience était de chercher s'il est possible de communiquer par le moyen des ondes hertziennes entre la terre et un ballon libre, à grande distance, et *sans aucun conducteur* reliant le récepteur avec la terre. Comme il s'agissait d'abord de savoir si des signaux pouvaient être reçus dans ces conditions, nous avions placé le récepteur dans l'aérostat, laissant à terre les appareils transmetteurs, tant à cause de leur poids que du danger d'inflammation du gaz par les étincelles de la bobine.

» *Description des appareils.* — Le poste transmetteur était disposé à l'usine à gaz du Landy (plaine de Saint-Denis), à une centaine de mètres du ballon au départ. Il se composait d'une batterie de dix accumulateurs, d'un manipulateur, d'un interrupteur pilon (système Lecarme) et d'une bobine de $0^m,40$ d'étincelle, munie d'un oscillateur à boules de $0^m,04$ de diamètre. Un des pôles de la bobine était en communication avec le sol, et l'autre avec une antenne composée d'un fil de cuivre isolé, de 40^m de long, suspendu à un ballonnet captif de 50^{mc}.

» Les appareils étant ainsi disposés, l'étincelle se trouvait réduite à $0^m,04$ de longueur, et la production des ondes électriques était maxima pour un écartement des boules de 15^{mm}.

» MM. Lecarme s'étaient chargés de la manipulation et du réglage de ces appareils.

» Le récepteur [2] était placé dans le ballon et fut confié aux soins de M. J. Vallot, après les essais préliminaires et le réglage définitif.

» *Expériences.* — Le départ a eu lieu à 9^h du matin par vent du nord-est. Un des pôles du radioconducteur fut mis en communication avec un fil de cuivre isolé de 50^m environ, suspendu verticalement à la nacelle et terminé par une masse métallique.

» N'ayant pour but que de déterminer le principe scientifique, à cause des difficultés pratiques de l'expérience, nous n'avons cherché qu'à communiquer par des signaux rythmés. Le récepteur ne comprenait qu'une sonnerie sans enregistrement alphabétique.

» Le ballon s'éleva d'abord verticalement, puis dériva lentement. Les signaux ont été entendus très nettement par M. Vallot, dans le ballon, jusqu'à une altitude de

---

(1) *Comptes rendus,* décembre 1899.

(2) La place est trop mesurée pour que nous puissions décrire le nouveau récepteur, système Lecarme, muni d'un radioconducteur Branly à limaille d'or.

600^{m}, la distance horizontale étant de 5^{km} environ. Ils furent encore perçus, quoique plus faiblement, jusqu'à une altitude de 800^{m} et à une distance de 6^{km}, mais il était nécessaire d'augmenter la sensibilité de l'appareil par un réglage convenable du relai.

» Nous ajouterons que le vent qui s'était élevé avait fini par coucher presque horizontalement l'antenne du transmetteur supporté par le ballonnet. Dans cette position, les gazomètres se trouvaient interposés entre les deux postes.

» Par suite de cette circonstance, les expériences de transmission furent abandonnées à 10^{h}, et c'est précisément à cette heure que les signaux ne furent plus perçus au ballon.

» *Conclusions.* — Il semble démontré par cette expérience :

» 1° Que le fil de terre n'est pas indispensable au récepteur pour une transmission à grande distance;

» 2° Que le ballon s'étant élevé d'abord verticalement à une grande hauteur, les signaux ont été nettement perçus, quoique les deux antennes fussent dans le prolongement l'une de l'autre, et que les plans normaux à leurs extrémités fussent parallèles et séparés par une grande distance.

» Il semble donc résulter de là que l'antenne, employée comme condensateur des ondes, est un appareil imparfait, puisqu'il y a des émissions dans toutes les directions.

» 3° Conformément aux résultats que nous avons obtenus au mont Blanc, la différence de potentiel entre les deux postes ne semble pas avoir d'influence sensible dans les conditions où nous avons opéré.

» M. le comte de la Vaulx, vice-président de l'Aéro-Club, avait bien voulu se charger de la conduite de l'aérostat monté, avec lui, par M. Joseph Vallot et M. Étienne Giraud. Après ces observations, le ballon s'éleva jusqu'à une altitude de 3500^{m} pour des expériences d'un autre ordre. »

ÉLECTRICITÉ. — *Dispositif destiné à empêcher l'interception des dépêches dans la Télégraphie sans fil.* Note de M. **D. Tommasi.**

« On sait que la Télégraphie sans fil présente le grave inconvénient de ne pas assurer le secret des communications transmises, car tout appareil récepteur placé dans la zone d'action des ondes électriques émises par l'appareil transmetteur peut être influencé par ces dernières et par conséquent intercepter les messages télégraphiques.

» Le dispositif que j'ai l'honneur de présenter à l'Académie des Sciences a précisément pour but d'empêcher qu'un message lancé par l'appareil

transmetteur d'un poste télégraphique ne puisse être déchiffré par un appareil récepteur placé en un point intermédiaire.

» Ce dispositif est basé sur ce fait que la distance à laquelle les ondes électriques peuvent parvenir varie suivant que les deux sphères métalliques de l'oscillateur se trouvent plus ou moins rapprochées l'une de l'autre.

» Il résulte donc qu'en faisant varier convenablement l'intervalle qui sépare les deux sphères, c'est-à-dire en augmentant ou en diminuant la longueur de l'étincelle de l'oscillateur, on pourra régler d'une manière assez précise la distance que les ondes électriques auront à franchir pour atteindre le poste récepteur de la ligne.

» Mon dispositif consiste essentiellement à combiner le transmetteur de la ligne aérienne, que je désignerai par A, avec un deuxième transmetteur B dont le manipulateur, actionné d'une façon quelconque, lance au hasard des émissions longues et brèves qui se confondent avec celles du transmetteur A et dont l'oscillateur est réglé pour que la zone d'action des ondes émises par le transmetteur B s'étende à une distance légèrement inférieure à celle pour laquelle l'oscillateur du tran metteur A a été réglé.

» Dans ces conditions, les ondes électriques émises par les transmetteurs A et B se confondent de telle façon que tout appareil récepteur placé dans la zone d'action du transmetteur B ne pourra recueillir qu'une confusion de points et de traits parmi lesquels il sera complètement impossible de découvrir les signaux émis par le transmetteur A.

» Il ne sera donc possible de recueillir seuls les signaux du transmetteur A qu'en dehors de la zone d'action du transmetteur B.

» La sécurité sera donc d'autant plus grande que la zone d'action du transmetteur B se rapprochera davantage de celle du transmetteur A. »

THERMOCHIMIE. — *Sur les peroxydes de calcium hydratés.*
Note de M. de Forcrand.

« Les peroxydes de calcium hydratés se précipitent lorsqu'on fait agir l'eau oxygénée sur les dissolutions saturées de chaux, absolument comme lorsqu'on emploie la baryte ou la strontiane.

» I. *Action de* $\frac{1}{2}H^2O^2(1^{lit})$ *sur* $CaO(50^{lit})$. — Température $+20^{\circ}$.

» État final dans le calorimètre

$$0,666\,CaO^{1,732}\text{ précipité} + 0,334\,CaO^{1,04}\text{ dissous},$$

» Chaleur dégagée : $+2^{Cal},862$.

» Soit, toutes corrections faites : $+6^{Cal},877$ pour CaO^2 hydraté précipité.

» Ce corps forme une poudre extrêmement fine et légère qui reste longtemps en suspension et donne au liquide l'apparence du lait. La liqueur passe lentement et difficilement claire même sur plusieurs filtres, et la plus grande partie du précipité reste attachée aux pores du papier. J'ai pu cependant en recueillir assez pour une analyse qui a donné (après dessiccation sur plaques poreuses)

$$CaO^{1,842} + 2,31\,H^2O.$$

» Tous ces caractères : aspect et propriété du précipité, sa composition, sa chaleur de formation, montrent que l'on a affaire à un composé tout différent de ceux obtenus précédemment avec BaO et SrO ($+25^{Cal},497$ et $+26^{Cal},576$ et état d'hydratation 8 à 9 H^2O).

» Ces différences ne paraissent pas dues, dans ce cas particulier, à la température plus élevée de cet essai ($+20°$), car j'ai fait une autre série d'expériences à $+14°$ qui a donné :

» État final : $0,647\,CaO^{1,754}$ précipité $+ 0,353\,CaO^{1,04}$ dissous.

» Chaleur dégagée $+2^{Cal},940$, soit, après corrections : $+6^{Cal},899$.

» Dans un de ces derniers essais, j'ai ajouté aussitôt H^2Cl^2 dissous, ce qui a fourni $+25^{Cal},128$, soit, après corrections : $+21^{Cal},425$ pour l'action du H^2Cl^2 dissous sur CaO^2 hydraté précipité.

» La somme $+6^{Cal},899 + 21^{Cal},425 = +28^{Cal},324$, nombre très voisin de $+27^{Cal},960$ (chaleur de neutralisation), ce qui est un contrôle.

» II. *Action de* H^2O ($2^{lit},5$) *sur* CaO (50^{lit}). — Température $14°$.

» État final : $0,908\,CaO^{1,96}$ précipité $+ 0,092\,CaO^{2,4}$ dissous.

» Chaleur dégagée $+6^{Cal},163$, soit, après corrections : $+6^{Cal},668$, nombre qui se confond avec les précédents.

» L'état d'hydratation doit être le même, car le précipité présente les mêmes caractères.

» Dans une expérience, H^2Cl^2 dissous a donné $+22^{Cal},062$, soit, après corrections, $+21^{Cal},608$ ($6^{Cal},668 + 21^{Cal},608 = +28^{Cal},276$).

» III. *Action de* $2H^2O^2$ (5^{lit}) *sur* CaO (50^{lit}). — Température $+14°,5$.

» État final : $0,862\,CaO^{2,12}$ précipité $+ 0,138\,CaO^{8,4}$ dissous.

» Chaleur dégagée : $+7^{Cal},975$, soit $+7^{Cal},523$ pour $CaO^{2,12}$.

» Or, $CaO^{2,12}$ peut être considéré comme un mélange de bioxyde et de trioxyde : $0,88\,CaO^2 + 0,12\,CaO^3$. Et, puisque les expériences précédentes donnent $+6^{Cal},815$ comme moyenne pour CaO^2, il en résulterait que la transformation du CaO^2 en CaO^3 dégage $+6^{Cal},735$, soit à peu près la même quantité de chaleur que le passage de CaO dissous à CaO^2 précipité. Le trioxyde serait donc plus stable que dans le cas de la baryte.

» L'état d'hydratation du précipité est d'ailleurs le même que dans les essais précédents, soit $2,07\,H^2O$.

» IV. *Action de* $3H^2O^2$ ($7^{lit},5$) *sur* CaO (50^{lit}). — Température $+13°$ et $+14°$.

» État final : $0,856\,CaO^{2,09}$ précipité $+ 0,144\,CaO^{15,3}$ dissous.

» Ici les phénomènes changent complètement. Le précipité se rassemble assez vite

sous forme de paillettes nacrées ayant le même aspect que les hydrates des peroxydes de baryum et de strontium. Il se sépare rapidement et complètement, même avec un seul filtre.

» La chaleur dégagée est aussi très différente : $+ 22^{Cal},899$, soit, après corrections, $+ 24^{Cal},666$ pour $CaO^{2,09}$. On peut donc admettre, d'après ce qui précède, sensiblement le même nombre pour CaO^2 hydraté précipité dans ces conditions.

» Enfin ce corps, recueilli et desséché comme les précédents, a pour composition $CaO^{2,06} + 8,57 H^2O$. Nous retrouvons donc l'état d'hydratation à 8 ou 9 H^2O des précipités du BaO^2 ou du SrO^2.

» Comme contrôle, H^2Cl^2 a été ajouté immédiatement après une des expériences. J'ai trouvé $+ 4,732$, soit, après corrections, $+ 2^{Cal},911$ pour $CuO^{2,09}$. La somme $+ 24,666 + 2,911$ donne $+ 27,577$ (au lieu de $+ 27,960$).

» J'ai ensuite répété l'expérience, avec les mêmes proportions de chaux (1 mol.) et d'eau oxygénée (3 mol.), mais en opérant à $+ 20°$, en dehors du calorimètre. Le précipité est pulvérulent, filtre très lentement et incomplètement sur plusieurs filtres, et sa composition est $CaO^{1,94} + 2H^2O$.

» Enfin une dernière expérience faite en prenant $4H^2O^2$ pour CaO et en refroidissant les liqueurs pour les amener à la température initiale de $+ 10°$, a donné de nouveau le précipité en paillettes nacrées, se rassemblant rapidement, se séparant bien par un seul filtre, et ayant pour composition $CaO^{2,02} + 7,62 H^2O$. C'est le même corps que dans les premières expériences IV.

» Il résulte de tous ces faits :

» 1° Que par le mélange des dissolutions d'eau oxygénée et de la base, la chaux forme, comme la baryte et la strontiane, des précipités de peroxydes hydratés dont la solubilité est plus grande que celle des peroxydes du strontium, mais moindre que celle des peroxydes de baryum.

» 2° Que dans les trois cas les précipités entraînent toujours du protoxyde hydraté tant qu'on n'atteint pas la limite de 2 molécules de H^2O^2 pour une de base, et que la dose du protoxyde est plus grande lorsque la base est en excès.

» 3° Que, entre $+ 10°$ et $+ 16°$, la baryte et la strontiane donnent des précipités retenant 8 à $9H^2O$ environ, tandis que la chaux fournit un bioxyde à $2H^2O$, très différent par son aspect et sa chaleur de formation.

» 4° Que, aux mêmes températures, la chaux donne un bioxyde de 8 ou $9H^2O$ lorsqu'on prend 3 ou 4 molécules de H^2O^2 pour une de base.

» 5° Que ce changement dans l'état d'hydratation du bioxyde de calcium dépend uniquement de la température, puisqu'en opérant à $+ 20°$ l'action de $3H^2O^2$ donne l'hydrate à $2H^2O$. La température critique serait donc comprise entre 15° et 20°.

» 6° Que les trois hydrates à 8 ou $9H^2O$ se forment en dégageant une

quantité de chaleur considérable et très voisine :

CaO^2....... $+24,666$ BaO^2....... $+25,497$ SrO^2....... $+26,576$

» 7° Que l'addition de $6H^2O$ liq. à l'hydrate CaO^2+2H^2O pour le changer en hydrate CaO^2+8H^2O, dégage $+24,666-6,815$, soit $+17^{Cal},851$, ou $+3^{Cal}$ par molécule d'eau, si toutefois le premier composé est bien un hydrate de bioxyde et non pas une combinaison $CaO^2H^2+H^2O^2$, ce que je me propose de rechercher. »

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur les transformations allotropiques des alliages de fer et de nickel*. Note de M. **L. Dumas**, présentée par M. A. Cornu.

« MM. Dewar et Fleming, et après eux M. Osmond (1) ayant immergé dans l'air liquide un alliage de fer et de nickel à 29,07 pour 100 de nickel ont constaté qu'il avait subi la transformation non réversible. Or cet échantillon commence à subir la transformation réversible, au-dessus de 0° : il présente donc cette particularité d'accuser successivement les transformations caractéristiques des deux catégories d'alliages qui ont été dénommées par M. Ch.-Ed. Guillaume *réversibles* et *irréversibles* (2). Nous avons eu nous-mêmes l'occasion de signaler un alliage à 27,72 pour 100 de nickel qui a la même propriété (3). Ces constatations nous ont amenés à faire de nouvelles déterminations (4) sur des échantillons à teneurs voisines de 25 pour 100.

» Le carbone ayant la propriété d'abaisser le point de transformation non réversible, nous avons eu soin d'écarter les teneurs en carbone élevées. Lorsque la transformation non réversible ne se produisait pas à la température ordinaire, nous avons eu recours au refroidissement dans la neige carbonique. Les résultats de nos expériences sont les suivants :

---

(1) *Proc. Roy. Soc.*, t. LX, 1896, et *Comptes rendus*, t. CXXVIII, p. 1396.

(2) *Comptes rendus*, t. CXXIV, p. 1515.

(3) *Comptes rendus*, t. CXXIX, p. 42.

(4) La Société de Commentry-Fourchambault et Decazeville nous a chargé de la direction de ces recherches, qui ont été faites à l'usine d'Imphy par les soins de M. Adenot, directeur, MM. Dauphin, Gineste et Coupeau, ingénieurs.

Composition chimique pour 100.			Point de transformation non réversible		Point de transformation réversible	
Nickel.	Carbone.	Manganèse.	à l'échauffement.	au refroidissement.	à l'échauffement.	au refroidissement.
			°	°	°	°
22,64	0,095	0,230	560	85	»	»
24,04	0,343	0,506	520	60	»	»
24,72	0,098	0,153	530	40	»	»
25,84	0,079	0,230	495	25	60	50
27,12	0,233	0,182	475	vers — 30°	95	90
27,72	0,251	0,364	425	vers — 70°	95	90
28,82	0,110	0,650	410	vers — 60°	100	90
29,94	0,260	0,492	»	non transformé à — 78°	110	100

» Jusqu'à 25,84 pour 100 de nickel, les points de transformation non réversibles sont au-dessus de 0°; à partir de 27,12 pour 100 de nickel, le point de transformation au refroidissement est au-dessous de 0°; à 29,94 pour 100, la neige carbonique est impuissante à produire la transformation non réversible; le point de transformation, s'il existe, ce qui nous paraît très probable, n'apparaîtrait que dans l'air liquide. A la teneur de 25,84 pour 100 de nickel, nous constatons l'existence simultanée des points de transformation réversible et non réversible; à mesure que la teneur en nickel augmente, les points de transformation réversible s'élèvent, tandis que les points de transformation non réversible s'abaissent.

» Les alliages dont la teneur en nickel est voisine de 25 pour 100 n'accusent plus la transformation réversible, même dans l'air liquide, lorsque leur teneur en carbone est suffisamment élevée. Mais ces alliages accusent la transformation réversible, même lorsque leur teneur s'abaisse au-dessous de 26 pour 100, pourvu qu'elle ne s'en éloigne pas notablement. C'est ce qui résulte des déterminations de points de transformation suivantes :

Composition chimique pour 100.				Points de tranformation	
Nickel.	Carbone.	Manganèse.	Chrome.	réversible.	non réversible.
25,27	0,587	0,880	»	+75°	non transformé à — 78°
24,61	0,640	0,880	»	vers —25°	non transformé à —188°
21,90	0,570	0,480	»	vers —15°	non transformé à — 78°
16,05	0,535	0,828	3,02	non transformé à —188°	

» La transformation réversible de ces échantillons se manifeste au refroidissement par l'apparition d'un magnétisme extrêmement faible qui prend progressivement de

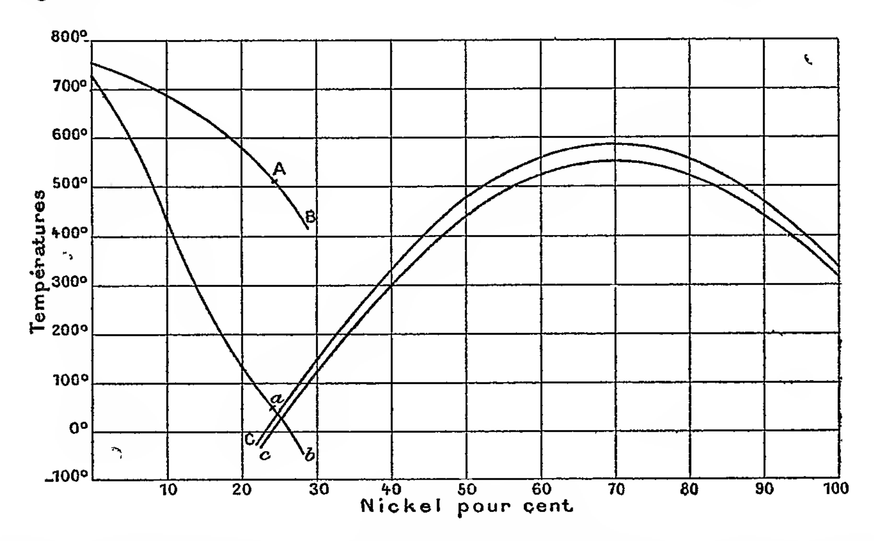
l'intensité à mesure que la température s'abaisse. Nous avons constaté que les trois premiers échantillons deviennent nettement magnétiques dans la neige carbonique; nous avons eu l'occasion d'immerger le second dans l'air liquide, son magnétisme a encore augmenté.

» Nous devons signaler que nous ne tenons pas compte d'un magnétisme extrêmement peu intense qui subsiste sans modification appréciable dans son intensité, même au-dessus de 100° dans les trois premiers échantillons.

» Les additions de carbone ont mis en évidence dans ces échantillons la transformation réversible, même lorsque la teneur en nickel est réduite à 21,90 pour 100. Le point de transformation s'abaisse de plus en plus à mesure que la teneur en nickel diminue.

» Ces constatations nous amènent à admettre que les alliages peu carburés à teneurs voisines de 25 pour 100 subissent la transformation réversible comme les alliages fortement carburés, c'est-à-dire qu'ils subissent successivement, sous l'influence du refroidissement, la transformation non réversible et la réversible, cette dernière étant masquée par la première qui est plus intense.

» M. Osmond a résumé les déterminations qu'il a faites sur une série d'alliages dont les teneurs varient de 0° à 100°, dans un diagramme (¹) que



nous reproduisons ci-dessus en prolongeant les courbes de ce diagramme au moyen des résultats de nos propres expériences.

(¹) *Comptes rendus*, t. CXXVIII, p. 306.

» Les courbes de transformation non réversible qui, dans le diagramme de M. Osmond, s'arrêtent en A*a*, sont prolongées jusqu'en B*b*. En outre, les courbes de transformation réversible se prolongent jusqu'à C*c* par des branches dont l'existence nous paraît constatée, quoique leur position sur l'échelle des températures ne soit pas exactement précisée.

» L'examen de ce diagramme nous amène à admettre que les courbes des points de transformation du fer, transformation non réversible, et celles des points de transformation du nickel, transformation réversible, se coupent, et sont, par conséquent, distinctes. Il semble donc établi que ces courbes ne présentent ni minimum ni branche horizontale comme les courbes de points de fusion, c'est-à-dire qu'il n'existe aucune proportion de fer et de nickel jouissant, au point de vue de la transformation allotropique, de propriétés analogues à celles des eutectiques.

» Le nickel abaisse les points de transformation du fer, et le fer abaisse de même ceux du nickel, quoiqu'il commence par les relever. Il en résulte que le magnétisme des alliages qui n'ont pas été refroidis au-dessous de 0° provient exclusivement du fer, si la teneur en nickel est inférieure à 25 pour 100 et exclusivement du nickel, si elle est supérieure à 26 pour 100. Entre 25 et 26 pour 100, le magnétisme a disparu presque complètement à la température ordinaire, en conséquence de l'abaissement simultané des points de transformation du fer et du nickel. »

CHIMIE MINÉRALE. — *Préparation de quelques composés de l'aluminium et des dérivés hydrogénés correspondants.* Note de M. **Fonzes-Diacon**, présentée par M. Henri Moissan.

« 1° *Sulfure d'aluminium.* — Le sulfure d'aluminium a été préparé à l'état de pureté par M. Sabatier ([1]), par l'action des vapeurs de soufre sur de l'aluminium en limaille.

» J'ai pu préparer ce composé en mélangeant de l'aluminium en poudre avec du soufre précipité dans les proportions indiquées par la formule Al^2S^3 et l'enflammant, dans un creuset, à l'aide d'un ruban de magnésium.

» La combustion se propage à toute la masse, la réaction est assez vive, on recouvre le creuset d'un couvercle et, après refroidissement, on obtient une masse gris jaune, compacte, fournissant une forte odeur d'hydrogène sulfuré et laissant dégager tumultueusement ce gaz quand on la traite par l'eau chaude.

» Dans cette réaction la température est suffisamment élevée pour fondre l'aluminium, s'il a été mis en excès.

([1]) Sabatier, *Ann. Phys. Chim.*, 5e série t. XXII.

» Le sulfure d'antimoine mélangé à de l'aluminium en poudre en proportions convenables donne, dans les mêmes conditions, du sulfure d'aluminium mélangé d'antimoine métallique.

» 2° *Séléniure d'aluminium.* — Un mélange intime de sélénium (le sélénium précipité se laisse facilement pulvériser) et d'aluminium en poudre entre en réaction au contact d'un fil de magnésium enflammé. La réaction est très vive et très brillante, si l'on recouvre rapidement le creuset de son couvercle; on obtient, après refroidissement, une masse noire constituée par du séléniure d'aluminium impur recouvrant un culot de séléniure d'aluminium pur, fondu, à structure fibreuse, d'un gris jaunâtre.

» Ce composé répond à la formule Al^2Se^3; il est excessivement altérable à l'air humide et dégage de l'hydrogène sélénié, qui, en se décomposant, tapisse la paroi du flacon de sélénium rouge.

» L'eau le décompose tumultueusement avec mise en liberté d'hydrogène sélénié pur; c'est là un moyen commode de préparer ce gaz.

» 3° *Phosphure d'aluminium.* — Dans ses recherches sur les phosphures, M. Granger (1) n'a pu obtenir, par combinaison directe, le phosphure d'aluminium; une méthode indirecte, action du trichlorure de phosphore sur l'aluminium, ne lui en a donné que des traces; aussi place-t-il l'aluminium parmi les métaux ne donnant pas de phosphures stables.

» J'ai pu cependant préparer ce phosphure en faisant un mélange intime de phosphore rouge et d'aluminium en poudre dans les proportions indiquées par la formule P^2Al^2 et amorçant la réaction à l'aide d'un fil de magnésium, ou mieux d'une cartouche d'aluminium (aluminium et bioxyde de baryum aggloméré portant un ruban de magnésium; Goldschmitt). La réaction est violente; on recouvre le creuset d'un couvercle, et, après refroidissement, on en retire une masse friable, volumineuse, noire, conservant la forme du creuset. L'intérieur de cette masse est constitué par un cône central de couleur jaunâtre formé de phosphure d'aluminium non altéré.

» A l'air, ce corps exhale une forte odeur alliacée; traité par l'eau, il dégage en abondance de l'hydrogène phosphoré gazeux non inflammable spontanément, mais entrant en combustion au contact d'un corps enflammé.

» On peut ainsi obtenir de grandes quantités d'hydrogène phosphoré pur, le rendement étant sensiblement théorique.

» 4° *Arséniure d'aluminium.* — Un mélange intime d'arsenic pulvérisé et d'aluminium en poudre entre en réaction sous l'action d'une cartouche d'aluminium; la réaction est fort vive; le creuset est recouvert de son couvercle et, après refroidissement, on en retire une masse friable noire, dégageant une forte odeur alliacée à l'air humide.

» L'eau en dégage de grandes quantités d'hydrogène arsénié à peu près pur, surtout si l'on prélève les parties centrales; le gaz est alors presque absorbé en totalité par le sulfate de cuivre; le volume d'hydrogène arsénié dégagé par un poids déterminé d'arséniure d'aluminium est très voisin du chiffre théorique.

» 5° *Antimoine et aluminium.* — Le mélange d'antimoine finement pulvérisé et

(1) Granger, *Thèse de Doctorat*. Paris, 1898.

d'aluminium en poudre n'entre en réaction ni par le ruban de magnésium, ni par les cartouches d'aluminium.

» Mais si l'on ajoute à la masse une petite quantité de bioxyde de sodium, la réaction s'effectue d'elle-même sans qu'il soit utile de l'amorcer; on obtient une masse noire, friable, qui, par l'eau, donne naissance à un gaz renfermant des proportions notables d'hydrogène antimonié.

» *Conclusions.* — En résumé, j'ai indiqué une méthode rapide et nouvelle de préparation du sulfure d'aluminium. J'ai obtenu du séléniure d'aluminium fondu à l'état de pureté.

» J'ai pu préparer du phosphure et de l'arséniure d'aluminium, corps qui, à ma connaissance, n'avaient pas encore été obtenus.

» J'ai montré que l'antimoine pouvait, quoique assez difficilement, se combiner à l'aluminium.

» Enfin, j'ai indiqué le moyen d'obtenir, grâce à la facile décomposition de ces corps par l'eau, des dégagements abondants de SH^2, SeH^2, PH^3 et AzH^3; on obtient également, mais en moins grande quantité, de l'hydrogène antimonié. »

CHIMIE MINÉRALE. — *Dosage du thallium* (1). Note de M. V. **Thomas**, présentée par M. H. Moissan.

« Malgré le très grand nombre de travaux sur le thallium, le dosage de ce métal présente encore à l'heure actuelle de sérieuses difficultés. Toutes les méthodes proposées peuvent se répartir en trois groupes :

» 1° *Précipitation du thallium sous forme de composés insolubles.* — Cette méthode ne donne pas en général de bons résultats. Les erreurs sont dues à l'insolubilité incomplète de la plupart des combinaisons du thallium et à l'impossibilité de les soumettre à la calcination, par suite de leur volatilité plus ou moins grande.

» Le dosage du thallium sous forme de peroxyde ou de chloroplatinate ne paraît pas recommandable. La précipitation à l'état de chromate, étudiée tout récemment par MM. Browning et Hutchins (2), donne des résultats meilleurs à la condition d'opérer la filtration sur de l'asbeste. Les nombres cités par ces chimistes sont tous approchés à moins de 1 pour 100.

» La méthode dans laquelle le thallium est pesé sous forme d'iodure conduit au contraire à des résultats presque rigoureusement exacts, comme l'a montré M. Baubigny (3); malheureusement il faut prendre beaucoup de précautions qui nécessitent

(1) Travail fait au laboratoire de Chimie appliquée de l'Université de Paris.

(2) *The American Journal of Science*, t. VIII, p. 460; décembre 1899.

(3) *Comptes rendus*, t. CXIII, p. 544.

un temps très long et qui font de ce procédé une opération analytique des plus délicates.

» 2° *Dosage par électrolyse.* — Le dosage électrolytique du thallium a été étudiée par Schucht (¹) et par Neumann (²); mais ce procédé ne paraît pas, à l'heure actuelle, devoir conduire à des résultats intéressants.

» 3° *Dosage par liqueur titrée.* — Tous les procédés de dosage par liqueur titré sont basés sur la facile transformation des sels de protoxyde en sels de peroxyde.

» La méthode indiquée par M. Willm (³) au cours de ses recherches sur le thallium consiste dans l'emploi de permanganate en solution chlorhydrique. Ce savant a reconnu lui-même qu'on trouvait ainsi des nombres trop faibles. Il cite, par exemple, pour une analyse d'alun, 31,2 de Tl au lieu de 31,9. Soit une erreur de plus de 2 pour 100.

» La méthode proposée par M. Sponholz (⁴) qui utilise le brome comme agent oxydant, par suite même de son application difficile, ne paraît pas supérieure à la méthode au permanganate.

» La méthode que j'ai l'honneur de présenter aujourd'hui à l'Académie est basée également sur la transformation des sels de protoxyde en sels de peroxyde, mais elle offre sur les méthodes anciennes l'avantage d'une extrême simplicité et d'une exactitude beaucoup plus grande.

» L'agent oxydant employé est le bromure d'or, ou plus exactement l'acide bromoaurique. Par réduction, le bromure d'or perd 3 atomes de brome et donne un dépôt d'or métallique qu'on peut peser, si bien que, lorsque la réduction est terminée, 2 atomes d'or correspondent à 3 atomes de thallium.

» Il s'ensuit qu'en admettant pour l'or le poids atomique 197 et pour le thallium le poids atomique 204, on aura immédiatement la quantité de thallium (thalleux) existant dans une combinaison en multipliant le poids de l'or réduit par le facteur

$$\frac{3 \times 204}{2 \times 197} = 1,5533.$$

» Le sel de thallium dont je me suis servi pour contrôler cette méthode est le protochlorure. Afin de l'avoir dans un état de pureté satisfaisant, le produit commercial était lavé à l'eau froide à plusieurs reprises,

(¹) *Zeit. für an. Chem.*, t. XXII, p. 241, 490.
(²) *Ber.*, t. XXI, p. 356.
(³) *Annales de Chimie et de Phys.*, 4ᵉ série, t. V, p 79.
(⁴) *Zeit. für an. Chem.*, p. 59; 1892.

puis transformé en trichlorure et finalement réduit par l'acide sulfureux. Le chlorure précipité était dissous dans l'eau bouillante et la solution abandonnée au refroidissement. Le chlorure déposé était alors prêt pour l'analyse.

» Un poids connu de chlorure, environ $0^{gr},5$, était dissous dans l'eau chaude. La liqueur étant chauffée au bain-marie, on y versait alors la solution de bromure d'or. La réduction s'opère soit immédiatement, soit au bout de quelques instants. L'or se précipite sous forme d'une poudre brune, quelquefois, mais rarement, avec l'éclat métallique.

» Après s'être assuré que la quantité de bromure d'or ajoutée est suffisante, ce dont on s'aperçoit immédiatement à la coloration de la solution, on abandonne à chaud huit à dix heures, puis l'or est recueilli sur un filtre, séché, puis pesé.

» J'ai ainsi trouvé pour la teneur en thallium du protochlorure :

	I.	II.	III.	IV.	V.	Théorie.
Tl..........	85,02	85,29	85,16	85,30	85,18	85,21

Ces nombres sont approchés à plus de 0,25 pour 100 près.

» Lorsqu'on opère le dosage avec des prises d'essais assez petites, on trouve des nombres trop forts. Dans ce cas, le poids d'or pesé étant très faible, il est probable que la quantité d'or réduit par les vapeurs de l'atmosphère du laboratoire pendant l'abandon de la solution à chaud entre en ligne de compte, quoique étant cependant très minime. J'ai trouvé pour :

Prise d'essai Tl Cl.	Or pesé.	Tl trouvé.	Tl calculé.
0,2320	0,1280	85,69	85,21
0,2940	0,1620	85,58	»

» Pratiquement on doit peser au moins $0^{gr},2$ à $0^{gr},3$ d'or pour obtenir un bon dosage (1).

» L'acide bromoaurique employé était très facilement préparé en dissolvant de l'or dans de l'acide bromhydrique bromé. Après dissolution, on évapore au bain-marie. L'acide bromoaurique se dépose alors par refroi-

---

(1) Il est probable que dans cette réaction le protochlorure de thallium se transforme en chlorobromure thallique. L'existence de ces chlorobromures n'a pas encore été signalée, mais j'ai commencé leur étude et je me propose d'y revenir dans une prochaine Note.

dissement en longues aiguilles foncées qu'il suffit de dissoudre à nouveau dans l'eau. La solution filtrée est alors prête pour l'usage.

» Lorsqu'on fait usage de solutions préparées depuis quelque temps, il est nécessaire de s'assurer de leur limpidité. Il arrive souvent, en effet, que les solutions de bromure d'or laissent déposer à la longue une poudre brun jaune par suite d'une très légère réduction. Cette poudre, si l'on n'y prend garde, peut rester longtemps en suspension et passer inaperçue. Aussi est-il toujours prudent d'opérer avec des solutions préalablement filtrées. »

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action du chlorure d'aluminium anhydre sur l'acétylène*. Note de M. **E. Baud**.

« MM. Moissan et Moureu (*Bull. Soc. Chim.*, t. XV), MM. Sabatier et Senderens (*Comptes rendus*, 8 mai 1899 et 29 janvier 1900), MM. Erdmann et Kothner et M. H. Alexander (*D. ch. G.*, 4 août 1899) ont fait connaître des produits de condensation de l'acétylène obtenus par le passage de ce gaz, à chaud, sur divers métaux (cuivre, nickel, etc.).

» Je m'occupe depuis un an de combinaisons obtenues dans des conditions un peu analogues, par condensation de l'acétylène, au moyen du chlorure d'aluminium.

» L'acétylène pur et sec est absorbé complètement par le chlorure d'aluminium, même à froid, en vase clos. Si l'on chauffe à 70°, l'absorption est totale en quelques minutes.

» L'allure du phénomène est un peu différente lorsqu'on fait passer un courant d'acétylène sur le chlorure à chaud.

» L'acétylène purifié est dirigé dans une cornue contenant 5^{gr} à 10^{gr} de chlorure d'aluminium récemment sublimé.

» Le chlorure brunit d'abord, puis, lorsque la température atteint 70°, des vapeurs se produisent. Les parois de la cornue et du ballon tubulé placé à sa suite se recouvrent d'un sublimé rougeâtre sous une faible épaisseur et finalement noir. Le courant gazeux est presque totalement arrêté. Il y a dégagement de chaleur; on cesse alors de chauffer. Puis, lorsque l'absorption se ralentit, on élève la température jusqu'à 120°-130°, et l'on continue le passage du gaz jusqu'à ce que le poids de la cornue n'augmente plus.

» On peut condenser ainsi jusqu'à 4 parties en poids d'acétylène pour

1 partie de Al^2Cl^6, soit $40C^2H^2$ pour Al^2Cl^6. Il ne se forme pas de produits liquides ni d'acide chlorhydrique.

» Les gaz dégagés contiennent de l'acétylène qui a échappé à la réaction, une petite quantité de carbures éthyléniques et forméniques et de l'hydrogène ([1]).

» J'ai analysé séparément : A, le produit du fond de la cornue (les quatre cinquièmes du produit total); B, le sublimé qui s'est déposé dans le col de la cornue.

» Le sublimé déposé dans le dôme a une composition variable, intermédiaire entre celles des produits A et B.

Analyse du produit A.

C	81,764
H	5,124
Al^2Cl^6	13,029
	99,917

ce qui conduit à la formule $(C^{20}H^{15})^7.Al^2Cl^6$. Ce corps noir, très condensé, est à peu près insoluble dans les dissolvants usuels. Il ne distille pas sans décomposition. Il réduit à froid le permanganate de potassium. Traité par l'eau, il donne des composés oxydés difficiles à séparer et retenant toujours des traces de chlore et d'aluminium.

Analyse du produit B.

C	56,135
H	7,304
Al^2Cl^6	36,590
	100,029

soit $(C^{10}H^{15,6})^7, 2Al^2Cl^6$. Ce composé noir est insoluble et très oxydable. Il se décom-

---

([1]) Voici une analyse de ces gaz :

Carbures acétyléniques	89,0	pour 100
» éthyléniques	2,2	»
» forméniques	1,8	»
Hydrogène	7,0	»
	100,0	

pose sous l'action de l'humidité en donnant une poudre jaune clair qui contient encore, après un lavage prolongé, du chlore et de l'aluminium (¹).

» En résumé, il y a formation d'au moins deux produits, l'un contenant deux fois plus d'hydrogène que l'autre pour le même nombre d'atomes de carbone. Pour expliquer cette production d'un carbure plus hydrogéné que l'acétylène, on peut admettre la formation d'un produit de condensation C^nH^n instable, dans le fond de la cornue, puis dans les parties moins chaudes et sous l'action des vapeurs de chlorure aluminique entraîné, l'acétylène se condenserait en absorbant une partie de l'hydrogène dégagé.

» Pour essayer d'établir la constitution de ces carbures complexes, j'ai distillé dans une cornue chauffée au bain de sable les combinaisons chloro-aluminiques avec un excès de chaux anhydre destinée à retenir Al^2Cl^6.

» Le *produit* A donne des gaz et des liquides et laisse dans la cornue un résidu charbonneux.

» Les gaz dégagés ne contiennent pas d'acétylène, mais une petite quantité de carbures éthyléniques et surtout de l'hydrogène et des carbures forméniques. Les liquides sont solubles dans l'alcool, l'éther et le benzène.

» Le rendement est très faible; je n'ai pu faire sur une si petite quantité qu'un fractionnement imparfait. Le liquide a été séparé en trois parts :

Première partie	bouillant de	150° à 200°,
Deuxième	»	210° à 310°,
Troisième	»	310° à 350°.

» La portion 210°-310° a la composition centésimale suivante :

C	89,817
H	9,983
	99,800

» La densité de vapeur correspond au poids moléculaire 200, ce qui conduit à la formule $C^{15}H^{20}$. Les parties les moins volatiles sont presque solides. Elles contiennent de l'anthracène et probablement d'autres carbures pyrogénés.

(¹)

C	73,66
H	7,73
Al^2Cl^6	4,95
Al^2O^3, H^2O	2,27
O	11,39
	100,00

soit sensiblement $C^{10}H^{12,6}O$.

» Le *produit* B donne une plus grande quantité de liquides.

» Ils ont été fractionnés en trois parts :

Première partie bouillant de		150° à 190°,
Deuxième	»	190° à 260°,
Troisième	»	260° à 300°.

» Les analyses de la partie 150°-190° conduisent à des formules comprises entre $C^{10}H^{16}$ et $C^{10}H^{18}$.

» L'analyse de la partie 190°-260° a donné $C^{10}H^{16}$ et celle de la partie 260°-300°, $C^{10}H^{14}$.

» Je poursuis l'étude de ces produits de dédoublement. »

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur quelques nouvelles combinaisons organométalliques du magnésium et leur application à des synthèses d'alcools et d'hydrocarbures* [1]. Note de M. V. **Grignard**, présentée par M. H. Moissan.

« A la suite de la synthèse du diméthylhepténol par M. Barbier [2], pour laquelle ce savant avait appliqué la méthode de Saytzeff en remplaçant le zinc par le magnésium, je me proposai d'étudier quels avantages pouvait présenter cette substitution. Au cours de ces recherches, j'ai découvert une série de combinaisons organométalliques du magnésium qui m'ont permis de modifier notablement la méthode de Wagner-Saytzeff, au grand profit de la rapidité et de la régularité de l'opération et, en général, du rendement obtenu.

» L'iodure de méthyle n'attaque que très lentement, à froid, la tournure de magnésium, mais si l'on ajoute un peu d'éther anhydre, il se déclare immédiatement une réaction qui ne tarde pas à devenir extrêmement vive. Il faut alors refroidir et ajouter un excès d'éther. Dans ces conditions, la dissolution du magnésium se poursuit rapidement, et l'on obtient finalement un liquide très fluide et peu coloré, sans aucun dépôt appréciable.

» Si l'on essaie de chasser l'éther, il reste une masse grisâtre, confusément cristalline, qui absorbe très rapidement l'humidité en s'échauffant et tombe en déliquescence. Mais le grand avantage de la combinaison obte-

---

(1) Laboratoire de Chimie générale de l'Université de Lyon.

(2) *Comptes rendus*, t. CXXVIII, p. 110.

nue, c'est qu'il est inutile de l'isoler. En effet, si, dans la solution éthérée précédente, qui contient très exactement un atome de magnésium dissous par molécule d'iodure de méthyle, on fait tomber une molécule d'une aldéhyde ou d'une cétone, il se produit généralement une vive réaction et, en décomposant finalement, par l'eau acidulée, la combinaison formée, on isole l'alcool secondaire ou tertiaire correspondant avec un rendement d'environ 70 pour 100.

» J'ai constaté que les éthers bromhydriques et iodhydriques des alcools monoatomiques gras et saturés jusqu'en C^5, ainsi que le bromure de benzyle, donnaient la même réaction, et il est vraisemblable qu'elle doit se produire avec beaucoup d'autres éthers halogénés.

» Pour des raisons que j'exposerai ultérieurement, je crois pouvoir attribuer aux composés organométalliques que j'ai obtenus la formule RMgI ou RMgBr, R étant un résidu alcoolique gras ou aromatique. Les réactions que j'ai signalées plus haut s'expliquent alors de la manière suivante :

$$CH^3I + Mg = CH^3MgI,$$

$$CH^3MgI + RCHO = RCH\left\langle\begin{matrix}OMgI\\CH^3\end{matrix}\right.,$$

$$RCH\left\langle\begin{matrix}OMgI\\CH^3\end{matrix}\right. + H^2O = RCH(OH)CH^3 + MgI.OH.$$

» J'ai préparé ainsi un certain nombre d'alcools secondaires et tertiaires dont quelques-uns étaient déjà connus mais qu'il était intéressant de préparer à nouveau pour s'assurer de la généralité de la méthode. Avec les éthers halogénés gras, les résultats ont toujours été excellents; ils le sont beaucoup moins avec le bromure de benzyle, par suite de la formation relativement abondante de dibenzyle. Parmi les alcools nouveaux que j'ai obtenus, je citerai :

» Le *phénylisobutylcarbinol*, par l'action de la benzaldéhyde sur l'isobutylbromure de magnésium, liquide incolore, visqueux, faiblement odorant, qui bout à 122° sous 9^{mm} et qui a fourni à l'analyse les chiffres suivants :

Trouvé..........................	C = 80,26	H = 9,85
Théorie pour $C^6H^5CH(OH)C^4H^9$....	C = 80,49	H = 9,76

» Le *diméthylphénylcarbinol*, par l'acétophénone sur le méthyliodure de magnésium, liquide incolore peu mobile, d'odeur agréable, bouillant à 93°-95° sous 10^{mm}.

Trouvé	C = 79,69	H = 8,61
Théorie pour $C^6H^5C(OH)\left\langle\begin{matrix}CH^3\\CH^3\end{matrix}\right.$........	C = 79,41	H = 8,82

» Le *diméthylbenzylcarbinol*, par l'acétone sur le benzylbromure de magnésium, liquide incolore, légèrement visqueux et faiblement odorant qui bout à 103°-105° sous 10^{mm}.

Trouvé	C = 79,82	H = 9,50
Théorie pour $C^6H^5CH^2C(OH)\langle{}^{CH^3}_{CH^3}$....	C = 80,00	H = 9,33

» Lorsqu'on emploie des aldéhydes ou des cétones incomplètes dans lesquelles la double liaison est au voisinage du groupement fonctionnel, l'alcool qui prend naissance est souvent instable; il se déshydrate par distillation, même dans le vide, et l'on n'obtient qu'un hydrocarbure diéthylénique.

» C'est ainsi que par l'action de l'oxyde de mésityle sur le méthyliodure de magnésium j'ai obtenu un hydrocarbure bouillant à 92°-93° sous 750^{mm} et qui doit répondre à la formule

$$CH^3 - \overset{\overset{CH^3}{|}}{C} = CH - \overset{\overset{CH^3}{|}}{C} = CH^2$$

c'est le diméthyl-2-4, pentadiène-2-4.

Trouvé	C = 87,10	H = 12,73
Théorie pour C^7H^{12}	C = 87,50	H = 12,50

» Je poursuis l'étude des applications de ces nouveaux composés organométalliques. »

CHIMIE ORGANIQUE. — *Santalènes et santalols.* Note de M. M. GUERBET, présentée par M. Henri Moissan.

« Dans une précédente Communication à l'Académie [1], j'ai montré que l'essence de santal des Indes orientales renferme, entre autres produits, deux carbures isomères de formule $C^{15}H^{24}$, les *santalènes* α et β, et que sa partie alcoolique était très probablement constituée par les deux alcools correspondants : les *santalols* α et β $C^{15}H^{26}O$.

» Les recherches dont je rends compte aujourd'hui ont eu pour but la confirmation de ce dernier fait et l'étude plus approfondie de ces différents corps.

---

[1] GUERBET, *Comptes rendus*, 12 février 1900.

» SANTALÈNES. — Ces carbures sont des liquides incolores huileux, ne se solidifiant pas à $-20°$, s'oxydant à l'air en se résinifiant.

» Le santalène α bout à 253°-254° (corr.); sa densité à 0° est 0,9134; il est lévogyre : $\alpha_D = -13°,98$.

» Le santalène β bout à 263°-264° (corr.); sa densité à 0° est 0,9139; son pouvoir rotatoire $\alpha_D = -28°,55$.

» *Action de l'acide acétique.* — Chauffés à 180°-190° en tubes scellés avec de l'acide acétique (point de fusion 16°), les santalènes α et β se combinent très lentement avec l'acide en donnant des acétates de santalène $C^{15}H^{24}C^2H^4O^2$. Après 120 heures de chauffe on a obtenu, avec 50^{gr} de santalène α et 20^{gr} d'acide acétique, seulement 1,25 d'acétate de santalène.

» L'acétate de santalène α bout à 164°-165° sous 14^{mm} de pression. L'acétate β bout à 167°-168° sous la même pression. Ce sont des liquides incolores, huileux, d'odeur agréable, mais faible.

» *Action de l'acide chlorhydrique.* — Si l'on fait passer un courant de gaz chlorhydrique sec dans la dissolution éthérée des santalènes, refroidie par un mélange de glace et de sel, on obtient, après évaporation du dissolvant et séjour prolongé du résidu dans le vide au-dessus de fragments de potasse caustique, deux chlorhydrates liquides répondant à la formule $C^{15}H^{24}, 2HCl$.

» Si l'on cherche à les distiller, même dans le vide, ils se décomposent. Il est à remarquer que ces chlorhydrates ont des pouvoirs rotatoires inverses de ceux des carbures qui leur ont donné naissance. Le pouvoir rotatoire du chlorhydrate de santalène α est $\alpha_D = +6°,1$ et celui de l'isomère β, $\alpha_D = +8°$.

» *Action du chlorure de nitrosyle.* — Les deux santalènes se combinent au chlorure de nitrosyle en donnant des nitrosochlorures de formule $C^{15}H^{24}AzOCl$. Ces composés ne se produisent qu'en très faible quantité par la méthode employée par M. Wallach (1) pour la préparation d'un grand nombre de nitrosochlorures terpéniques. Il est beaucoup plus avantageux de faire réagir sur les santalènes, dissous dans l'éther de pétrole, une solution de chlorure de nitrosyle dans le même dissolvant. Le rendement est alors d'environ 50 pour 100 du rendement théorique, si l'on a soin de refroidir dans un mélange réfrigérant de glace et de sel le vase où se produit la réaction.

(1) WALLACH, *Liebig's Ann. der Chem.*, t. CCLIII, p. 251 et t. CCXLV, p. 251.

» Avec le santalène α, il ne se fait qu'un seul nitrosochlorure, à peu près insoluble dans l'alcool et dans l'éther acétique, plus soluble dans l'éther ordinaire, mais très soluble dans l'éther de pétrole et dans la benzine. Il se dépose de ses dissolutions benzéniques en petits cristaux prismatiques courts, qui fondent à 122° et se décomposent à partir de cette température. Avec la pipéridine en solution benzénique, le nitrosochlorure α donne une santalène nitrolpipéridine $C^{15}H^{24}\langle{}^{AzC^5H^{10}}_{AzO}$ très soluble dans l'alcool d'où elle cristallise en fines aiguilles fondant à 108°-109°.

» Le santalène β fournit deux nitrosochlorures isomères tous deux solubles dans l'alcool, ce qui les distingue du nitrosochlorure de santalène α. On les sépare facilement l'un de l'autre par cristallisation fractionnée dans l'alcool à 95°. L'isomère le moins soluble fond à 152°, l'autre fond à 106°. Ce dernier est de beaucoup celui qui se forme le plus abondamment. Avec la pipéridine en solution alcoolique, ils donnent : le premier une nitrolamine fondant à 101°, le second une nitrolamine fondant à 104°-105°.

» Santalols. — J'ai indiqué précédemment (*loc. cit.*) la manière de séparer, à l'état d'éthers phtaliques acides, le mélange de santalols qui constitue la partie alcoolique de l'essence de santal. La distillation fractionnée sous pression réduite m'a permis de séparer les deux alcools isomères qui constituent ce mélange; mais cette séparation est très pénible et elle exige un très grand nombre de rectifications. On y arrive cependant en s'aidant d'un tube Le Bel-Henninger et en opérant dans un vase de cuivre qui facilite la distillation.

» Ces deux alcools, que j'ai désignés sous les noms de *santalols* α et β, sont des liquides incolores, huileux, d'odeur faible, répondant à la formule $C^{15}H^{26}O$.

» Le *santalol* α bout à 162°-163°, sous 13mm de pression, ou à 300°-301°, sous la pression normale, sans qu'il se décompose. Sa densité à 0° est 0,9854 et son pouvoir rotatoire est $\alpha_D = -1°,2$. Comme ce chiffre est très voisin de zéro, j'ai essayé, mais en vain, d'obtenir un alcool dépourvu de pouvoir rotatoire. Ce fait ne doit pas d'ailleurs surprendre, car les deux santalènes que renferme l'essence de santal sont tous deux lévogyres, et il est naturel de penser que les santalols α et β leur correspondent.

» Le santalol β bout à 170°-171°, sous 14mm de pression, et à 309°-310° sous la pression normale. Sa densité à 0° est 0,9868, son pouvoir rotatoire $\alpha_D = -56°$.

» Les acétates de santalols $C^{15}H^{25}C^2H^3O^2$, que l'on obtient en chauffant

ces alcools avec l'anhydride acétique, sont des liquides incolores huileux, très peu odorants, qui bouent : l'isomère α à 308°-310°, l'isomère β à 316°-317°.

» Les agents de déshydratation, bisulfate de potasse ou mieux anhydride phosphorique, enlèvent une molécule d'eau aux santalols et les transforment en deux carbures isomères que je nommerai *isosantalènes* $C^{15}H^{24}$.

» Ce sont des liquides incolores à odeur de térébenthine. L'isomère α bout à 255°-256°, son pouvoir rotatoire est $\alpha_D = + 0°,2$; l'isomère β bout à 259°-260°, son pouvoir rotatoire est $\alpha_D = + 6°,1$. Ils sont donc bien différents des santalènes.

» Les santalols α et β sont tous deux des alcools primaires, comme le montrent leurs vitesses et leurs limites d'éthérification. Ces constantes sont, en effet, respectivement 41,7 et 68,5 pour l'isomère α, 43,6 et 69 pour l'isomère β.

» Ce fait est intéressant parce que tous les alcools terpéniques et sesquiterpéniques connus jusqu'à ce jour sont regardés comme des alcools secondaires ou tertiaires. Il montre que, contrairement à ce que l'on admet pour ces alcools, le groupement fonctionnel des santalols ne fait pas partie de leur noyau.

» Dans ma Communication du 12 février dernier, la densité à 0° de l'essence de santal qui a servi à mes expériences a été indiquée par erreur comme étant égale à 0,9684; en réalité cette densité est 0,9871. »

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la tyrosinase* (¹). Note de M. C. **Gessard**, présentée par M. Duclaux.

« J'ai étudié le mode d'action de la tyrosinase, retirée des champignons suivant le procédé de M. Bourquelot (²). On obtient ainsi une solution glycérinée assez stable : celle qui a servi à mes expériences a gardé son activité depuis dix mois que je l'ai préparée.

» La tyrosinase oxyde la tyrosine en donnant un mélange qui « se colore successivement en rouge, puis en noir, et laisse finalement déposer » un précipité amorphe de même couleur (³) ». Cependant, remarquent

---

(¹) Travail fait à l'Institut Pasteur de Lille.

(²) *Comptes rendus de la Société de Biologie*, p. 454; 1897.

(³) G. Bertrand, *Comptes rendus*, t. CXXII, p. 1215.

MM. Bourquelot et Bertrand ([1]), « la coloration noire ne se produit qu'au » bout d'un temps assez long, comme si le phénomène comprenait deux » phases distinctes. Le liquide finit d'ailleurs par devenir noir comme de » l'encre. » J'ai constaté, de mon côté, qu'une solution de diastase, sous une faible dose, n'aboutit qu'à la coloration rouge sans noircissement ni précipité, quelle que soit la durée de son action, et que la même solution, à forte dose, amène, postérieurement à la succession des teintes rouge et noire, et en plus de la formation du précipité, la décoloration de la liqueur. Cette différence entre l'effet de doses fortes et faibles m'a paru dépendre d'autre chose que de la diastase, qui devrait, il semble, aboutir dans les deux cas au même résultat ([2]). J'ai donc pensé qu'un autre agent intervenait dans le phénomène; l'expérience suivante a vérifié cette hypothèse.

» Deux cristallisoirs en verre de Bohême reçoivent chacun 2^{cc} de solution de tyrosine à 0,5 pour 100. A est additionné de dix gouttes de solution glycérinée de tyrosinase; B d'une goutte seulement, plus neuf gouttes de la même solution où la diastase a été préalablement détruite par la chaleur. Un troisième cristallisoir sert de témoin avec une goutte de tyrosinase et neuf gouttes de glycérine pure pour la même quantité de tyrosine. Après vingt-quatre heures, le contenu de ce dernier est rouge acajou. En A, un liquide incolore surnage le précipité noir. B est entièrement semblable à A, et ce résultat ne peut être attribué qu'à quelque chose qui reste, après que la diastase est détruite, dans les neuf gouttes de solution glycérinée chauffée.

» Pour éclaircir ce point, j'ai fait des expériences avec différents sels. Je ne mettais chaque fois en présence que la quantité de tyrosinase incapable de produire seule la formation du précipité noir avec la proportion de tyrosine employée. J'ai vu ainsi que les différents sels neutres exercent une action plus ou moins favorisante ou paralysante sur l'action de la tyrosinase comme ils le font sur les autres diastases; mais la plupart aboutissent, toutefois avec une supériorité marquée pour les alcalino-terreux, les sels de magnésie et le phosphate d'ammoniaque, à la décoloration de la liqueur d'abord rougie, et à la formation du précipité noir. La chaleur accélère cet effet. La liqueur rouge est décolorée à l'ébullition, et le précipité prend naissance par refroidissement, s'il y a eu addition de sel; tandis que si l'on n'en a pas mis, on voit la couleur reparaître, seulement avec une nuance brune, qui est aussi la conséquence du vieillissement à la température ordinaire.

---

(1) *Comptes rendus de la Société de Biologie*, p. 582; 1895.
(2) Duclaux, *Traité de Microbiologie*, t. II, p. 159.

» L'effet univoque de sels aussi différents que phosphates, sulfates et chlorures alcalins, sels magnésiens et alcalino-terreux, exclut l'idée de toute action spécifique, aussi bien que d'une réaction chimique telle qu'une combinaison. Il ne faut voir là, en effet, qu'un phénomène d'ordre physique.

» Les sels ne font que modifier la composition du milieu, partant les conditions d'adhésion au liquide de la matière colorante, produit de l'oxydation de la tyrosine par sa diastase. Cette matière colorante peut, aussi, contracter une adhésion stable avec les solides. Il suffit d'agiter sa solution avec une poudre inerte, craie ou phosphate de chaux, carbonate de magnésie, talc ou amidon, pour l'obtenir en précipité noir sur ces corps. L'expérience ci-après montre qu'il s'agit, dans ce cas, d'un véritable phénomène de teinture.

» Une floche de soie est plongée dans un mélange de tyrosine et de tyrosinase aux doses qui n'aboutissent pas à la formation du précipité. Après vingt-quatre heures, la liqueur n'a plus trace de sa couleur rouge du début de l'expérience; la soie est teinte en noir, et la teinture résiste à l'action de l'eau bouillante. La même propriété se manifeste par l'encrassement des verres d'expérience, lequel ne cède qu'à un frottement énergique. Cependant la couleur rouge passe inaltérée au filtre Chamberland.

» Quel est l'élément qui, dans les conditions naturelles, complète ainsi l'action de la diastase, et qui passe avec elle dans le traitement glycériné des champignons? L'importance de la question me semble bien réduite du moment que toute idée de spécificité est écartée. Mais je ne pourrai l'étudier que lorsque reparaîtront les champignons qui m'ont servi.

» Il me sera permis, en terminant, de rapprocher la tyrosinase des diastases coagulantes. Dans les deux espèces de diastases, en effet, un élément minéral concourt à la réaction finale; d'autre part, il y a une grande analogie entre les coagulums et un précipité comme celui qui marque le terme de l'action de la tyrosinase. Dès lors, il n'est pas sans intérêt de remarquer que, en ce qui concerne l'influence des sels sur cette dernière, les faits m'ont conduit à une interprétation conforme à celle que M. Duclaux, dans son *Traité de Microbiologie,* oppose aux théories en cours sur le rôle des mêmes sels vis-à-vis des diastases coagulantes. Je rapporterai ici une expérience de laquelle on pourrait conclure, suivant la théorie la plus en vogue, au rôle prépondant des sels de chaux dans les coagulations d'origine diastasique et où je ne peux voir que l'effet de l'action paralysante de l'oxalate sur la tyrosinase, action que j'ai vérifiée par ailleurs.

» La liqueur, riche en tyrosine, qu'on obtient par digestion pancréatique de la fibrine du sang, est traitée par l'oxalate d'ammoniaque en excès. La solution glycérinée de tyrosinase est traitée, de son côté, par un excès du même sel. Il ne faut pas moins que cet excès du réactif. Moyennant ces traitements préalables, le mélange des deux liqueurs peut s'effectuer et se maintenir sans coloration. Mais, dès qu'on y ajoute du chlorure de calcium, on voit apparaître la succession des teintes caractéristiques de l'action de la diastase sur la tyrosine.

» En résumé, la tyrosinase oxyde la tyrosine avec production de cette couleur rouge qui est aussi l'effet de l'oxydation par un agent chimique (réactif de Millon). Le noircissement, comme la formation du précipité noir, est un phénomène secondaire, sous la dépendance d'éléments minéraux qui accompagnent la diastase dans les conditions naturelles, et qui passent avec elle dans ses solutions. On peut désormais obtenir à volonté la production de la matière noire, dont le pouvoir tinctorial, entre autres propriétés, me paraît digne d'attirer l'attention. »

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Sur l'oxydation de l'érythrite par la bactérie du sorbose; production d'un nouveau sucre : l'érythrulose.* Note de M. **Gabriel Bertrand**, présentée par M. Duclaux.

« Comme j'ai déjà eu l'occasion de le signaler ([1]), la bactérie du sorbose est susceptible de se développer aux dépens de l'érythrite dissoute dans une décoction de levure. Elle fixe l'oxygène de l'air sur cet alcool et utilise l'énergie mise en liberté dans la combustion d'une partie de l'hydrogène qu'il contient.

» Une des conséquences de cette oxydation bactérienne est l'apparition, dans le liquide de culture, d'un sucre réducteur nouveau, voisin du lévulose, mais à quatre atomes de carbone. Ce sucre prend naissance aux dépens de l'érythrite, d'après la réaction suivante :

$$\begin{array}{lcl} \mathrm{CH^2.OH} & & \mathrm{CH^2.OH} \\ \mid & & \mid \\ \mathrm{CH.OH} + \mathrm{O} = & & \mathrm{CO} \qquad + \mathrm{H^2O} \\ \mid & & \mid \\ \mathrm{CH.OH} & & \mathrm{CH.OH} \\ \mid & & \mid \\ \mathrm{CH^2.OH} & & \mathrm{CH^2.OH.} \end{array}$$

([1]) *Comptes rendus*, t. CXXVI, p. 762; 1898.

» Il présente, par conséquent, avec elle la même relation que la sorbose avec la sorbite, la dioxyacétone avec la glycérine. Je lui donnerai, dans la suite, le nom d'*érythrulose*.

» Pour le préparer, on prend une décoction de levure renfermant 5gr de matières solubles par litre et l'on y ajoute 4 pour 100 d'érythrite [1]. La solution est ensuite répartie, en couche de 2cm,5 d'épaisseur, dans de grands matras à larges cols. On ferme les matras avec des tampons d'ouate un peu lâches et des doubles capuchons de papier à filtrer, et, après les avoir stérilisés et ensemencés, on les maintient à la température de + 28° à + 29°. Trois semaines suffisent pour la transformation complète de l'érythrite.

» On sépare alors le liquide des zooglées, on le sature exactement avec de l'eau de baryte, puis on l'évapore à consistance de sirop épais, par distillation dans le vide. Le sirop est repris peu à peu par un demi-litre d'alcool absolu auquel on ajoute ensuite deux volumes d'éther sec : il se fait un précipité épais qu'on épuise par un nouveau traitement à l'alcool et à l'éther, et les solutions, réunies et filtrées, sont évaporées dans le vide. On obtient de cette manière 85gr à 90gr d'un sirop jaune paille, presque entièrement formé d'érythrulose, mais resté jusqu'ici incristallisable.

» Comme la dioxyacétone, son isomère inférieur, l'érythrulose réduit rapidement à froid la liqueur de Fehling, se dissout en abondance dans l'alcool absolu, même additionné de plusieurs volumes d'éther, et se combine au bisulfite de sodium [2].

» En solution aqueuse, ce sucre est dextrogyre : son pouvoir rotatoire augmente durant les heures qui suivent la dissolution, et après une journée au moins à la température ordinaire, très rapidement si l'on chauffe, il atteint environ + 12° (par rapport au poids de sirop desséché sur l'acide sulfurique).

» L'érythrulose n'est pas fermentescible. On en a dissous 0gr,50 dans 10cc d'une forte décoction de levure et, après avoir ajouté 0gr,25 de levure pressée, on a introduit le tout sous une petite cloche, sur le mercure. En même temps, on a préparé une cloche témoin, sans érythrulose. Après trois jours, à la température de + 15° à + 18°, la petite quantité de gaz carbonique qui s'était dégagée avait exactement le même volume dans les deux cloches. La levure avait d'ailleurs conservé son pouvoir fermentatif, car un peu de saccharose introduit dans les cloches déterminait, déjà après une demi-heure, un dégagement de gaz abondant.

---

(1) Je dois la plus grande partie de l'érythrite qui m'a servi à l'obligeance de M. de Luynes et de M. Hanriot, auxquels j'adresse ici tous mes remercîments.

(2) On peut utiliser cette combinaison pour achever la purification de l'érythrulose.

» L'érythrulose, dissous dans très peu d'eau, se combine à la phénylhydrazine avec dégagement de chaleur; il en est de même avec la bromophénylhydrazine et la benzylphénylhydrazine; mais, pas plus qu'avec les autres sucres à fonction cétonique, les hydrazones, très solubles, n'ont pu être obtenues à l'état cristallisé.

» A chaud, au contraire, en solution acétique étendue, il se précipite très rapidement de magnifiques osazones en aiguilles jaune d'or. Le rendement est tel que 100 parties de sirop donnent avec la phénylhydrazine ordinaire au moins 200 parties d'osazone.

» La phénylérythrulosazone ainsi obtenue est assez soluble dans le benzène bouillant, très soluble dans l'acétone et l'alcool éthylique, même froids. Recristallisée par refroidissement d'une solution dans l'acétone étendue d'eau, elle a donné à l'analyse les chiffres suivants :

	Trouvé.	Calculé pour $C^{16}H^{18}Az^4O^2$.
Carbone	64,72	64,42
Hydrogène	6,49	6,04
Azote	18,82	18,79

» Cette osazone fond instantanément quand on la porte sur un bloc chauffé à + 174°; dissoute dans un mélange de pyridine et d'alcool, suivant la méthode de Neuberg ([1]), elle donne au polarimètre une déviation voisine de 50′ à droite.

» La parabromophénylérythrulosazone est un peu moins soluble que la précédente et fond à + 194°-195°. Un dosage de brome effectué par calcination avec de la chaux pure a donné comme résultat :

	Trouvé.	Calculé pour $C^{16}H^{16}Az^4Br^2O^2$.
Brome pour 100	35,13	35,08

» Une propriété très importante de l'érythrulose est sa résistance à l'oxydation par le brome en présence de l'eau. Contrairement à ses deux isomères aldéhydiques récemment obtenus ([2]), il ne donne pas d'acide monobasique correspondant en C^4. Cette propriété, celles qui ont été décrites plus haut et la composition des dérivés hydraziniques montrent

---

([1]) *Berichte*, t. XXXII, p. 3384; 1899.

([2]) Wohl, *Berichte*, t. XXXII, p. 3666, 1900, et O. Ruff, *Berichte*, t. XXXII, p. 3672; 1900.

que l'érythrulose a bien la formule de constitution indiquée au commencement de cette Note.

» Reste à savoir si l'érythrulose obtenu par l'action de la bactérie appartient à la série droite ou à la série gauche, ou s'il est formé par un mélange des deux inverses optiques en quantités inégales. C'est un point que je pense éclaircir prochainement. »

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Sur la teneur en fer de l'hémoglobine de cheval* ([1]). Note de MM. **L. Lapicque** et **H. Gilardoni**, présentée par M. Duclaux.

« La proportion de fer dans l'hémoglobine de cheval semblait connue et fixée à 0,45 ou 0,47 pour 100, lorsque Bunge, avec son élève Zinoffski, dans une étude soigneuse qui n'a pas été contestée, affirma que cette hémoglobine ne contient que 0,335 de fer pour 100.

» Il y a entre ces deux chiffres un écart énorme (ils sont presque dans le rapport de 2 à 3).

» De nouvelles recherches faites par Bunge avec Jacquet sur l'hémoglobine du chien et des oiseaux donnent des différences du même genre. Les travaux récents tendent donc à faire considérer les chiffres de Hoppe-Seyler et tous les chiffres classiques comme beaucoup trop élevés.

» L'erreur en plus attribuable aux anciens procédés de dosage du fer, signalée par l'un de nous, paraît insuffisante pour expliquer l'écart.

» Nous avons voulu rechercher si cet écart ne tiendrait pas à ce que les analyses ont porté sur des produits différents, fournis par des méthodes de préparation différentes : les méthodes anciennes comportaient des manipulations très lentes; l'introduction des appareils centrifugeurs a permis de réduire considérablement le temps de la préparation. Il est concevable qu'on arrive dans l'un et l'autre cas à des produits semblables par leurs propriétés cristallines, optiques et même respiratoires, mais différant d'un cas à l'autre par un dédoublement de la molécule laissant intact le groupement ferrugineux caractéristique auquel sont attachées les propriétés ci-dessus.

» Nous avons préparé de l'hémoglobine de cheval par les deux procédés suivants : l'un est à peu près celui de Jacquet; l'autre, celui de Hoppe-Seyler.

([1]) Travail du laboratoire de Physiologie de la Sorbonne.

» 1° Du sang de cheval, défibriné, est filtré sur étamine, centrifugé, le sérum est décanté de façon à enlever la couche des globules blancs; les globules agités avec une solution de NaCl à 3 pour 100 sont de nouveau centrifugés, le liquide de lavage est décanté; les globules repris par environ 2 volumes d'eau distillée se dissolvent; on centrifuge pour séparer les stroma; la solution limpide est additionnée d'alcool de façon à atteindre 25°, et l'on met à la glacière.

» Toutes ces opérations peuvent être exécutées dans la même journée, de sorte que la préparation est mise à cristalliser quelques heures après que le sang est sorti des vaisseaux de l'animal.

» La première cristallisation, examinée au microscope, nous a toujours donné des cristaux bien nets et bien propres; ces cristaux, séparés des eaux-mères par centrifugation, lavés avec l'alcool froid à 25°, redissous dans l'eau, sont remis à cristalliser comme la première fois. La recristallisation est opérée encore une fois de la même manière.

» Les cristaux sont alors recueillis sur un filtre S. S., essorés à la trompe, lavés à l'éther, finalement étendus sur une plaque de porcelaine dégourdie, recueillis avec un couteau de platine, et mis à sécher jusqu'à poids constant dans le vide froid et sec.

» 2° Le sang défibriné est abandonné au repos pendant vingt-quatre heures; le sérum est décanté, les globules sont agités avec 10 volumes de solution de NaCl à 3 pour 100, puis abandonnés de nouveau au repos; le dépôt s'effectue très lentement et exige deux ou trois jours; la purée de globules est alors agitée avec 3 volumes d'eau et 1 volume d'éther; séparation de l'éther par décantation; filtration de la solution aqueuse sur papier; enfin, addition d'alcool et tout le reste comme ci-dessus.

» Le dosage du fer a été fait par le procédé colorimétrique; ce procédé nous donne la seconde décimale à une unité près; chaque échantillon a été soumis à trois analyses au moins.

» Il a été fait quatre préparations par la méthode rapide, sur quatre sangs différents. Les résultats ont été parfaitement concordants, dans les limites mêmes de l'approximation du dosage.

» L'hémoglobine ainsi obtenue contient de 0,29 à 0,30 de fer pour 100.

» Il a été fait trois préparations par la méthode lente, sur deux sangs différents, dont un est commun à la série précédente, les teneurs en fer, pour 100, ont été : 0,34, 0,29, 0,33 à 0,34.

» C'est-à-dire que nous retrouvons le chiffre de Zinoffski deux fois sur trois par la méthode lente, nullement des chiffres plus élevés se rapprochant des chiffres anciens. La méthode rapide donne régulièrement un chiffre de fer encore plus bas, plus éloigné de ces chiffres anciens que nous devons pour le moment renoncer à expliquer.

» Le chiffre 0,29 à 0,30 nous paraît être celui qui représente la teneur en fer du produit le plus semblable à l'hémoglobine telle qu'elle existe

dans le sang; le chiffre 0,33-0,34 correspondrait à un produit déjà altéré dans le sens de notre hypothèse préalable; voici nos raisons :

» L'hémoglobine à 0,29-0,30 de fer se présente avec tous les caractères d'un produit pur; en opérant suivant la technique que nous avons indiquée, on arrive à un résultat constant (à nos quatre préparations, il faut en joindre une exécutée par M. Dhéré en vue d'autres recherches, et dont le produit, analysé par nous, a donné une proportion de fer de 0,29 pour 100).

» L'hémoglobine à 0,33-0,34 est obtenue dans des conditions qui, manifestement, laissent plus de place à une altération; un des deux sangs soumis à la préparation lente a subi un commencement de putréfaction; l'autre a donné pour une portion de l'hémoglobine à 0,34, pour une deuxième portion de l'hémoglobine à 0,29 : ce qui montre que le passage de l'une à l'autre est pour ainsi dire accidentel; nous n'en pouvons encore fixer le déterminisme. D'autre part, Zinoffski a obtenu son hémoglobine à 0,335 de fer par une technique qui diffère de la nôtre; notamment, pour se débarrasser des stroma, il employait une série de réactions chimiques très capables d'altérer une substance délicate.

» Nous nous proposons de déterminer ultérieurement ce qui fait la différence entre les deux produits; mais nous pouvons affirmer que ce n'est pas de l'eau de cristallisation; en effet, l'hémoglobine à 0,29-0,30 de fer ne change pas sensiblement de poids après avoir été chauffée pendant huit jours à 110° dans une étuve à toluol.

» Enfin, il n'existe pas dans le sang plusieurs hémoglobines différant par leur proportion de fer et possibles à séparer par une cristallisation fractionnée.

» L'expérience suivante en fait foi, en même temps qu'elle montre un nouveau cas de transformation d'une hémoglobine dans l'autre : les eaux-mères de notre quatrième préparation (ayant donné à 0° une abondante cristallisation d'hémoglobine à 0,30 de fer), après avoir séjourné environ dix heures dans le laboratoire à la température ordinaire, furent remises à la glacière; au bout de quarante-huit heures, elles fournirent une nouvelle cristallisation peu abondante; ces cristaux ayant été retirés, les eaux-mères furent placées dans un mélange réfrigérant à —15°. Les deux produits ainsi obtenus, purifiés par deux recristallisations successives, donnèrent une proportion de fer identique, à savoir 0,33-0,34. »

CHIMIE INDUSTRIELLE. — *Sur un procédé permettant de retirer le sucre des bas produits à l'aide d'un appareil ordinaire à cuites de premier jet.* Note de M. **Paul Lecomte**, présentée par M. A. Ditte.

« Depuis un certain temps déjà l'industrie sucrière cherche à perfectionner ses procédés de façon à extraire le sucre des jus sucrés, tout en supprimant le séjour dans les emplis et abrégeant de quelques mois la durée de la fabrication. Dans ces deux dernières années, on a pu atteindre en partie ce résultat à l'aide d'appareils spéciaux, mais ceux-ci sont coûteux et leur emploi demande encore plusieurs jours pour le traitement des mélasses.

» Le procédé ci-dessous indiqué nous permet d'éviter d'avoir recours à des appareils spéciaux et d'obtenir de suite le sucre des mélasses par une cuite de bas produits en grains dans un appareil ordinaire à cuite de premier jet.

» Une certaine quantité de mélasse étant introduite dans cet appareil, on fait le vide à 67^{cm} et l'on envoie de la vapeur dans le premier serpentin de manière à grainer à haute température (95° environ); comme en même temps le grain doit se faire sous le plus petit vide possible, on ramène le vide à 52^{cm} pendant la durée du grainage. On doit opérer sur un petit pied de cuite.

» Une fois le grain obtenu en très grand nombre, on commence l'alimentation avec des égouts portés à une température supérieure de quelques degrés à celle de la masse cuite, et comme pour réussir l'opération en un temps très court il faut un épuisement immédiat de l'eau-mère, on serre la masse dès le début et l'on règle la soupape d'alimentation de manière à obtenir le maximum de serrage. Une fois la masse serrée à la limite voulue, on ouvre la soupape de manière à rendre l'alimentation plus rapide, de façon à rendre la masse liquide, jusqu'au moment où la fonte du grain devient à craindre. Quand le minimum de serrage est atteint, on ferme partiellement la soupape afin d'alimenter la cuite plus lentement, tout en regagnant graduellement le serrage maximum, en même temps que l'on épuise l'eau-mère au fur et à mesure de son arrivée.

» La soupape subit donc successivement trois réglages qui donnent : 1° le point maximum de serrage (maximum variable avec la hauteur de masse cuite obtenue); 2° un point minimum de serrage obtenu par une alimentation relativement rapide; 3° de nouveau le point de serrage maximum en modérant l'arrivée des égouts; c'est là vraiment la période d'alimentation de la cuite avec épuisement de l'eau-mère dès son arrivée.

» On doit en outre, à ce moment, de temps en temps, obtenir le plus rapidement

possible le point minimum de serrage et regagner le point maximum en fermant complètement la soupape.

» On augmente le vide à mesure que la cuite monte pour terminer avec le plus grand vide possible. On laisse au contraire tomber la température, et la masse serrée au maximum est coulée à 70° environ.

» Dans un essai, par exemple, on a constaté les résultats suivants : En partant d'une masse donnant à l'analyse 68,40 de sucre, 7,74 de cendres, 8,83 de salin, on a obtenu, après une cuite de quatorze heures, d'une contenance de 220 hectolitres, une eau-mère à la coulée donnant 53,20 de sucre, 11,92 de cendres et 4,46 de salin, tandis que le sucre provenant du turbinage de la masse cuite titrait 91,68. »

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *L'assimilation chlorophyllienne chez les plantes d'appartement* (1). Note de M. **Ed. Griffon**, présentée par M. Gaston Bonnier.

« On sait, depuis Ingenhouz, que les plantes renfermées dans les appartements vicient l'air si elles sont disposées loin des fenêtres, en situation peu éclairée. Corenwinder, ayant plus tard vérifié ce fait, en conclut que si les plantes qui servent à l'ornementation de nos maisons sont très difficiles à conserver, c'est que la lumière qu'elles reçoivent n'est pas suffisante pour que l'assimilation chlorophyllienne se manifeste d'une manière convenable.

» Il ne faudrait pas croire cependant que seul le manque de lumière soit cause de la débilité qui frappe ces végétaux. Les plantes, a-t-on dit, ne sont pas plus faites pour vivre dans nos demeures que les oiseaux pour être enfermés dans des cages. La plupart de celles que fait rechercher la beauté de leur feuillage ou de leurs fleurs sont, en effet, très sensibles aux courants d'air, aux abaissements de température, à la poussière, à la sécheresse de l'atmosphère, aux émanations du gaz d'éclairage, toutes conditions défavorables qui se rencontrent souvent dans nos maisons. D'autre part, les espèces d'appartement, placées dans des pots, sont presque toujours mal alimentées ou mal arrosées.

» Toutefois, si ces plantes élevées d'abord dans des serres finissent par

---

(1) Travail du laboratoire de Biologie végétale de Fontainebleau, dirigé par M. Gaston Bonnier.

mener une vie plus ou moins misérable dans nos habitations, il n'en est pas moins vrai qu'elles peuvent y séjourner pendant un temps parfois assez long, ce que ne pourraient pas faire la grande majorité des plantes indigènes. On pourrait donc se demander si, dans la lumière atténuée de nos maisons, ces espèces n'auraient pas la faculté de décomposer l'acide carbonique avec plus d'intensité que ne le font les autres végétaux; si, de plus, celles qui prospèrent à l'ombre (*Begonia, Fuchsia, Gloxinia, Maranta,* etc.) n'assimileraient pas le carbone plus activement que celles qui exigent une exposition près des fenêtres en pleine lumière (*Pelargonium,* Palmiers, *Cyclamen,* etc.)

» Afin de répondre à ces deux questions qui m'ont été suggérées par M. Cailletet, que je tiens à remercier ici, j'ai institué pendant l'hiver de 1898 et l'été de 1899 une série d'expériences dont je vais donner dans cette Note une rapide analyse.

» Des feuilles d'un palmier du genre *Areca* ont été placées dans des éprouvettes contenant de l'air riche en acide carbonique (8,27 pour 100); on a exposé ensuite ces dernières pendant quatre heures à la température de 15° au fond d'une petite chambre qui n'était éclairée que par une fenêtre située au nord, munie de rideaux, et ombragée par quelques hêtres élevés. On pouvait lire facilement dans cette chambre même des caractères fins ou écrits au crayon. Néanmoins, la lumière n'a pas été assez forte pour permettre la décomposition de l'acide carbonique; il y a eu dégagement de ce dernier gaz. De plus, je me suis assuré que la respiration seule s'était manifestée; car, à égalité de volume, l'énergie respiratoire a été la même dans cette lumière affaiblie et à l'obscurité complète.

» J'ai ensuite renouvelé l'expérience, mais en plaçant les éprouvettes immédiatement derrière les rideaux de la fenêtre; dans ce cas, il y a eu dégagement d'oxygène, et il en a été ainsi avec des thalles de *Marchantia,* des frondes de Fougères (*Polystichum, Polypodium, Aspidium*), des feuilles de *Pelargonium,* de *Tradescantia,* de *Maranta,* d'*Aspidistra.* Mais des feuilles de Maïs, de Salicaire, de Troëne, fonctionnant dans les mêmes conditions, ont émis de l'acide carbonique.

» Dans un coin de serre très ombragé, la température étant de 22°, des frondes de *Pteris,* des feuilles de *Kentia,* de *Begonia Rex,* ont réduit un peu d'acide carbonique, alors que celles de Maïs et de Troëne en ont dégagé.

» Les expériences qui précèdent prouvent donc : 1° que les plantes d'appartement n'assimilent pas dans les endroits sombres des pièces; 2° qu'elles continuent cependant à émettre de l'oxygène à des intensités lumineuses faibles, alors que, dans ces conditions d'éclairement, l'assimilation est inférieure à la respiration ou nulle chez la plupart des autres végétaux, une exception devant être faite cependant, comme je m'en suis assuré,

pour des plantes indigènes ombrophiles telles que des Fougères, des Mousses, le Lierre terrestre (*Glehoma hederacea*), etc.

» En ce qui concerne la seconde question posée plus haut, je suis arrivé par tâtonnements à obtenir des intensités lumineuses faibles qui permettaient l'assimilation chez certaines plantes, telles que des Fougères (*Pteris, Aspidium*), le Philodendron (*Scindaspus pertusus*), le *Begonia Rex*, des Sélaginelles, alors que, dans les mêmes conditions, d'autres plantes d'appartement dégageaient de l'acide carbonique.

» Mais ce fait, qui n'a rien de surprenant puisqu'il se produit avec les végétaux ordinaires, ne prouve pas forcément que les espèces qui se plaisent à l'ombre dans nos demeures soient toutes adaptées à une lumière faible pour la fonction chlorophyllienne, et que celles qui exigent une exposition en plein soleil derrière les fenêtres aient besoin d'une lumière beaucoup plus forte pour décomposer l'acide carbonique. Le *Pittosporum*, par exemple, prospère bien à une lumière vive, le Philodendron également, et cependant ils ont assimilé à une lumière très faible; par contre les Marantas qui préfèrent un jour voilé et brumeux ont dégagé de l'acide carbonique. Les raisons, en effet, qui font qu'une plante se plaît à tel éclairement plutôt qu'à tel autre sont complexes, et plusieurs d'entre elles peuvent être indépendantes de l'assimilation.

» Il reste maintenant à expliquer pourquoi un certain nombre d'espèces d'appartement sont capables de séjourner pendant un temps assez long dans des chambres à une lumière très peu intense, alors que la plupart des autres plantes périssent rapidement.

» On sait depuis de Saussure que la grande majorité des feuilles de nos herbes et de nos arbres émettent en vingt-quatre heures de cinq à dix fois leur volume d'acide carbonique. Or chez les plantes d'appartement les nombres qui mesurent l'intensité de la respiration sont tous très faibles; j'ai trouvé qu'en vingt-quatre heures une feuille de *Pelargonium* dégage 1,80 fois seulement son volume d'acide carbonique; avec le *Begonia Rex* j'ai obtenu le chiffre 1,27 et ce dernier s'est abaissé à 1,10 et 1 avec deux Palmiers, à 0,80 avec le *Maranta*, à 0,57 avec l'*Aspidistra*. M. Ad. Mayer [1], qui a étudié autrefois la respiration chez les plantes d'ombre, était déjà arrivé à des résultats analogues. Ajoutons que cette faible énergie respiratoire ne se rencontre pas seulement chez les feuilles adultes, qu'elle existe aussi chez les feuilles jeunes.

» En somme les plantes d'appartement n'ont pas plus que nos espèces indigènes le pouvoir de décomposer l'acide carbonique à une lumière très faible. Dans les endroits peu éclairés de nos pièces, mais où l'on peut encore lire facilement des caractères tracés au crayon, elles n'assimilent pas. Les minima d'intensité lumineuse auxquels la fonction chlorophyllienne est encore capable de s'exercer sont variables chez elles comme chez

---

(1) AD. MAYER, *Ueber die Athmungsintensität von Schattenpflanzen* (*Land. Vers. Stat.*, t. LX).

les plantes de nos pays et de même ordre que ceux de ces dernières; de plus, il n'y a pas de relation nette entre ces minima et les préférences qu'elles manifestent pour des situations déterminées à l'intérieur de nos demeures.

» Si cependant, à des lumières peu intenses, elles émettent parfois de l'oxygène alors que nos végétaux dégagent de l'acide carbonique, c'est que leur respiration peu active n'arrive pas à masquer la fonction assimilatrice. Grâce à ce faible pouvoir respiratoire, qui tient soit à leur nature propre, soit surtout aux mauvaises conditions dans lesquelles elles ont vécu, elles peuvent résister plus longtemps que d'autres dans nos appartements; car alors, quand même elles n'assimileraient que très peu ou pas du tout, elles consomment peu de matériaux et leurs réserves s'épuisent lentement, ce qui leur permet de végéter plus ou moins misérablement sans périr et d'attendre, si l'on veut les régénérer, qu'elles soient exposées à nouveau dans des conditions plus favorables à leur développement. »

PHYSIOLOGIE. — *Nouvel enregistreur pour les inscriptions continues.* Note de MM. **Auguste** et **Louis Lumière**, présentée par M. Marey.

« Les appareils inscripteurs utilisés jusqu'ici dans l'expérimentation physiologique n'ont pas pratiquement réalisé, d'une façon complète, l'un des *desiderata* de la méthode graphique : nous voulons parler de la continuité de l'inscription.

» Il arrive alors fréquemment que des phénomènes importants peuvent échapper à l'enregistrement ou ne se trouvent pas liés d'une façon suffisante à ceux qui les précèdent ou les suivent.

» Une solution de ce problème vient bien d'être donnée par M. Roussy (1), mais son enregistreur polygraphique ne peut sans doute pas être à la portée de tous les laboratoires : la grande précision, la multiplicité des usages auxquels l'auteur s'est attaché ont nécessairement eu comme conséquence la complication de l'appareil et l'élévation de son prix.

» De plus, il nous semble présenter un inconvénient d'une certaine importance; l'inscription s'effectuant à l'aide de plumes, les phénomènes capillaires qui résultent du dépôt de l'encre sur le papier paralysent certains mouvements délicats des leviers.

---

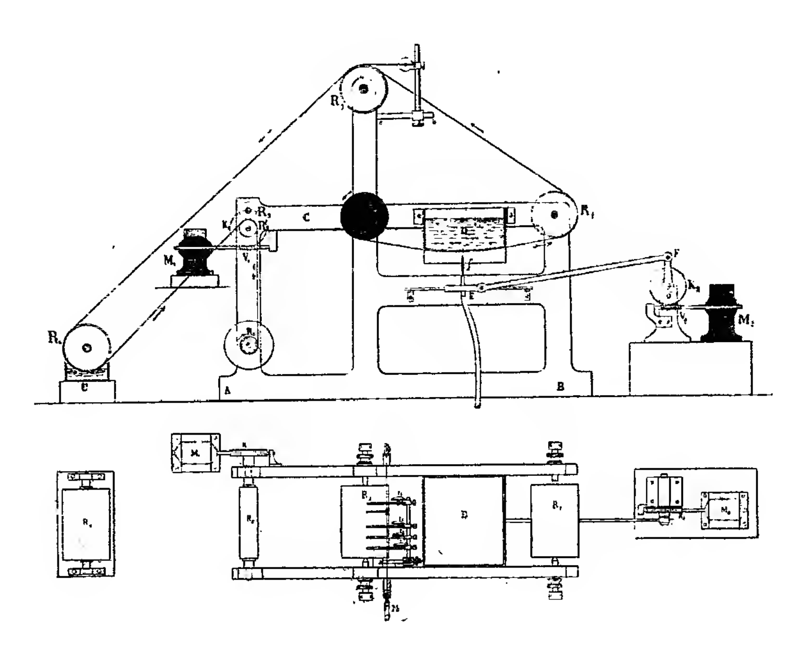
(1) Roussy, *Travaux de laboratoire. Nouveau matériel de laboratoire et de clinique.* Paris, O. Doin, 1899.

» Dans la construction de notre appareil, nous sommes partis de ce principe que l'inscription devait s'effectuer sur papier enduit de noir de fumée; nous avons donc cherché à réaliser l'enfumage, l'inscription et le vernissage continus.

» Notre enregistreur est d'ailleurs un instrument sans prétention, établi pour les usages courants. Il ne saurait être comparé aux inscripteurs de grande précision, principalement à l'appareil si complet et si précis de M. Chauveau, et ne peut être utilisé pour l'inscription des phénomènes qui exigent une grande vitesse de translation du papier.

» Nous avons voulu simplement établir un appareil pratique, peu coûteux, susceptible d'être mis en marche en quelques minutes.

» Il se compose d'un bâti en fonte ABC portant vers sa partie centrale un cylindre R, autour duquel on a enroulé la bande de papier qui doit porter les inscriptions; cette



bande de papier peut avoir une très grande longueur et permettre l'obtention de tracés continus pendant plusieurs heures. En se déroulant, elle passe sous une cuve D, dont le fond est légèrement cintré, et dans laquelle on fait passer un courant d'eau; à défaut d'eau courante, il suffit de maintenir la température au-dessous de 50°, soit en renouvelant le liquide, soit en y ajoutant de temps en temps quelques morceaux de glace.

» L'enfumage du papier s'effectue en *f*, sous cette cuve, au moyen d'une rampe *f*, dans laquelle on fait arriver du gaz d'éclairage carburé par son passage dans un flacon rempli de pierre ponce imbibée de benzine; cette rampe est animée d'un mouvement

alternatif à l'aide du petit moteur électrique M_2. L'arbre de ce moteur porte une vis tangente V_2 qui actionne la roue K_2, sur l'axe de laquelle est montée une manivelle F rattachée à la rampe par une pièce E. Cette dernière est guidée par des glissières et peut être montée sur galets pour diminuer les frottements.

» Ces conditions : mouvement de va-et-vient de la rampe, contact intime du papier avec la surface refroidie de la cuve, permettent un noircissage régulier, continu, sans avoir à redouter l'inflammation.

» Après son noircissage, la bande de papier passe sur un cylindre de renvoi R_2, puis arrive au cylindre R_3, dans le voisinage duquel les tambours, manomètres et appareils enregistreurs se trouvent disposés; l'inscription a lieu suivant une génératrice de ce cylindre et le papier, continuant sa marche, passe sur le cylindre R_4 disposé au-dessus d'une cuvette U servant au vernissage.

» Cette cuvette contient une solution à 5 pour 100 de mastic en larmes dans le chloroforme, dont le niveau constant est maintenu au moyen d'un flacon de Mariotte.

» L'entraînement du tracé est réalisé par les cylindres R_5 et R'_5, entre lesquels la bande de papier est laminée; le cylindre inférieur R_5 reçoit son mouvement du petit moteur électrique M_1 dont on réduit la vitesse à l'aide de la vis tangente V_1; le cylindre supérieur R'_5, qui est caoutchouté, est sollicité par des ressorts qui lui font exercer sur le papier une pression suffisante pour assurer l'entraînement de la bande.

» Une distance d'environ $0^m,50$ entre R_4 et R_5 est suffisante pour permettre au vernis de sécher. Le tracé terminé peut être enroulé enfin sur une bobine R_6, que l'on peut actionner de temps à autre à la main.

» On peut faire varier dans des limites assez étendues, à l'aide de rhéostats convenables, la vitesse de déroulement du papier.

» Un dispositif de même genre permet aussi de régler la marche de la rampe à gaz et d'avoir un noircissage plus ou moins intense.

» Les tracés ainsi obtenus sous forme de bandes ne peuvent pas être consultés avec facilité. Nous préférons les découper en feuilles qui sont numérotées et rassemblées sous forme de livre, renfermant ainsi, sans qu'il en manque une seule seconde, l'inscription des phénomènes qui se sont déroulés au cours d'une expérience, quelle qu'en soit la durée. »

M. **Phipson** adresse une Note intitulée : « Sur un gaz obtenu du cyanogène, qui paraît être identique à l'argon ».

A 4 heures, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 4 heures et demie.

M. B.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS DANS LA SÉANCE DU 14 MAI 1900.

Traité de Magnétisme terrestre, par M. E. MASCART, Membre de l'Institut, Directeur du Bureau météorologique. Paris, Gauthier-Villars, 1900; 1 vol. gr. in-8°.

Recherches expérimentales sur l'alcoolisme aigu, par M. NESTOR GRÉHANT. Paris, Félix Alcan, 1900; 1 fasc. in-8°. (Présenté par M. Bouchard pour le concours du prix de Médecine et Chirurgie, fondation Montyon.)

Annales du Conservatoire des Arts et Métiers, publiées par les Professeurs; 3e série, t. I. Paris, Gauthier-Villars, 1899; 1 vol. in-8°.

Journal de la Société nationale d'Horticulture de France; 4e série, t. I, avril 1900. Paris; 1 fasc. in-8°.

Journal des inventeurs. Rédacteur en chef: HENRY DE GRAFFIGNY. N° 246. Paris, E. Bernard et Cie; 1 fasc. gr. in-8°.

Vegetationen i Rio Grande do Sul, af C.-A.-M. LINDMAN, med 69 bilder och 2 kartor. Stockholm, 1900; 1 vol. in-8°.

Index Desmidiacearum citationibus locupletissimus atque bibliographia, auctore C.-F.-O. NORDSTEDT. Berolini, 1896; 1 vol. petit in-4°.

Descriptive note of the Sydney coal-field Cape Breton, Nova Scotia..., by HUGH FLETCHER. Ottawa, 1900; 1 fasc. in-8°.

Preliminary report on the Klondike gold fields Yukon district, Canada, by R.-G. MC CONNELL. Ottawa, 1900; 1 fasc. in-8°.

Ueber die Pankratiastenohren der japanischen Ringer, von YASUSABURO SAKAKI. Tokio, 1899; 1 fasc. petit in-4°.

Die Chronik der Ševčenko-Gesellschaft der Wissenschaften; n° 1. Lemberg, 1900; 1 fasc. in-8°.

Proceedings of the Royal Society of Edinburgh, session 1899-1900, vol. XXIII, n° 1; 1 fasc. in-8°.

ERRATA.

(Séance du 7 mai 1900.)

Note du P. *Colin,* Positions géographiques et observations magnétiques sur la côte orientale de Madagascar :

Page 1231, ligne 18, *au lieu de* le maximum de perturbation, *lisez* le maximum de déclinaison.

Note de M. *Maxime Cornu,* Sur un tubercule alimentaire nouveau du Soudan, l'Ousounify :

Page 1270, ligne 16, *au lieu de* deuxième partie du rayon, *lisez* dixième partie du rayon.
Page 1271, ligne 3, *au lieu de* cultivée en larges terrains, *lisez* cultivée en larges terrines.

COMPTES RENDUS

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 21 MAI 1900,

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE LÉVY.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

CHIMIE. — *Recherches sur la formation de l'acide azotique pendant les combustions : carbone;* par M. BERTHELOT.

« La formation de petites quantités d'acide azotique, ou plus exactement d'oxydes de l'azote transformables en cet acide, dans la combustion de l'hydrogène et des gaz et matières hydrocarbonés, a été observée par une multitude de chimistes, et tout d'abord par Cavendish, au cours de ses célèbres expériences sur la production de l'eau : mais elle n'a pas été, à ma connaissance, l'objet d'une étude systématique. C'est cette étude que j'ai entreprise, en utilisant mes très nombreuses déterminations des chaleurs de combustion et de formation des composés organiques. Pendant l'exécution de ces déterminations, qui s'élèvent à plus d'un millier, j'ai

dû mesurer chaque fois la petite dose d'acide azotique formée, en raison de l'oxydation simultanée de l'azote, contenu dans l'oxygène employé.

» Le carbone, les composés binaires, ternaires et quaternaires, formés par l'association du carbone avec l'hydrogène, le chlore, le soufre, l'oxygène, l'azote lui-même, sous les formes diverses d'amides, de nitriles, de dérivés nitrés, ont été l'objet de mes recherches.

» Je parlerai d'abord de la combustion des éléments, carbone, soufre, hydrogène, avant de résumer les observations relatives à leurs composés.

» L'acide azotique a été recueilli, suivant les cas, dans l'eau ou dans une solution étendue de potasse. Par exemple, on place dans la bombe 10^{cc} d'eau pure, qui absorbent, sous l'influence d'un repos prolongé, l'acide azotique et la vapeur nitreuse. D'autre part, les gaz dégagés par la détente finale de la bombe, ou bien émis par la réaction initiale de l'oxygène libre et de l'air sur le corps combustible, sont dirigés dans une solution alcaline. Dans tous les cas, l'acide azotique est transformé finalement en bioxyde d'azote et ce dernier est titré directement, en l'absorbant par le sulfate ferreux. Rappelons d'ailleurs que le peroxyde d'azote et l'acide azoteux, en présence de l'oxygène et d'une quantité d'eau notable, se transforment rapidement en acide azotique, à la température ordinaire. Les dosages indiquent donc la totalité de l'azote oxydé.

» J'ai fait varier les poids du corps combustible entre des limites considérables, tout en prenant la précaution de maintenir constamment l'oxygène en grand excès. La combustion elle-même a eu lieu dans mes expériences de différentes façons.

» En effet, la combustion peut être explosive et uniforme, lorsque deux gaz combustibles, tels que l'hydrogène et l'oxygène, sont mélangés à l'avance à proportions équivalentes, ou bien mélangés avec un excès de l'un ou l'autre des composants. Cette combustion uniforme peut être provoquée d'ailleurs, soit dans une capacité close considérable, à volume constant, condition où la température et la pression atteignent leur maximum; ou bien à l'orifice d'un chalumeau métallique, le mélange ayant eu lieu au contact de l'orifice, et le jet enflammé étant projeté dans une atmosphère à pression constante, laquelle refroidit aussitôt les produits.

» On peut encore brûler peu à peu le gaz combustible, dirigé en courant dans une atmosphère d'oxygène à pression constante; ou bien opérer inversement, au moyen d'un jet d'oxygène dirigé dans un gaz combustible.

» La combustion d'un corps combustible solide (ou d'un liquide peu vola-

til) peut avoir lieu également d'une façon subite et rapide, à volume constant, lorsque ce corps est enflammé au centre de la bombe calorimétrique dans l'oxygène comprimé; ou bien elle se développe peu à peu, d'une façon progressive, sous l'influence d'un courant d'oxygène, ou d'air, dirigé sur le combustible solide, préalablement enflammé, ou maintenu à une température convenable, par l'application d'une source extérieure de chaleur. Toutes ces conditions sont capables de jouer un rôle essentiel dans l'oxydation de l'azote et d'en modifier beaucoup le caractère et la grandeur.

» J'exposerai d'abord les faits observés, puis je chercherai à en tirer quelques déductions générales, spécialement en ce qui touche l'intervention de la chaleur et de l'électricité dans les phénomènes attribués jusqu'ici, d'une manière vague, à la propagation de l'action chimique par entraînement.

» En effet, les réactions accomplies au sein de gaz préexistants, employés en excès, aussi bien que les réactions où des gaz nouveaux prennent naissance, toutes ces réactions, dis-je, en raison de leur caractère chimique même, ou bien en raison du contact des gaz avec d'autres corps solides ou liquides mauvais conducteurs, sont susceptibles de provoquer la formation de champs électriques, champs continuellement variables comme position, étendue et intensité, et entourés de couches gazeuses diélectriques.

» Il en est de même des inégalités de température, qui se produisent entre les différentes portions d'une même masse gazeuse, ou bien entre cette masse et les corps solides mis en contact avec elle. En général, dans les réactions chimiques, il est nécessaire d'envisager séparément les énergies mises en jeu dans un milieu physiquement homogène et maintenu à une température constante, et les énergies qui interviennent, tant dans un milieu physiquement hétérogène que dans un milieu homogène dont les diverses régions sont à des températures inégales. Dans ces derniers cas et particulièrement si certaines régions gazeuses présentent la température ordinaire, on voit apparaître des champs électriques, et autour d'eux ces phénomènes d'effluve et d'influence, susceptibles de produire des effets inattendus, et notamment la genèse des corps endothermiques, tels que les oxydes de l'azote, l'ozone, l'acide persulfurique, l'azotite d'ammoniaque, etc. Il y a là tout un ordre d'expériences, de considérations et de déductions nouvelles, fort importantes pour la mécanique chimique et qui expliquent bien des formations en apparence paradoxales.

I. — CARBONE.

PREMIÈRE SÉRIE. — *Pression : 25 atmosphères. Combustion centrale, à volume constant, dans l'oxygène contenant 8 centièmes d'azote.*

» 1° CARBONE AMORPHE, EXEMPT D'HYDROGÈNE (¹) :

		Pour 1gr de carbone.	
Poids du carbone.	AzO^3H.	AzO^3H.	Az.
gr	gr	gr	gr
0,4342	0,0173	0,040	0,009
0,6529	0,0466	0,071	0,016
0,8113	0,0570	0,070	0,0155
0,841	0,0308	0,037	0,008
0,8758	0,0378	0,043	0,0095
0,9405	0,0422	0,045	0,010
	Moyenne.....	0,051	0,011

» *Relation de poids entre le carbone brûlé et l'acide azotique formé.* — On voit par ces chiffres que la proportion relative d'acide azotique formé n'est pas rigoureusement proportionnelle au poids du carbone; il serait d'ailleurs difficile qu'il en fût ainsi, la combustion ne s'effectuant évidemment pas d'une façon uniforme et identique; car elle a lieu avec des fragments de charbon irréguliers et qui s'enflamment tantôt sur un point, tantôt sur un autre. Cependant les écarts ne sont pas extrêmement considérables par rapport à la moyenne, n'atteignant pas du simple au double.

» On voit, d'une façon générale, que la dose d'acide azotique formé est plus forte pour les poids les plus considérables de carbone.

» *Doses relatives d'azote et d'oxygène entrées en combinaison.* — Pour en compléter la signification, il convient de rappeler que 1gr de carbone s'unit en brûlant avec 2gr,66 d'oxygène pour former de l'acide carbonique; d'où il résulte que le poids de l'azote, combiné simultanément avec l'oxygène, s'est élevé seulement à $\frac{1}{250}$ ou 4 millièmes du poids de l'oxygène uni au carbone, le poids de l'oxygène changé en acide azotique étant égal à 0gr,0315, c'est-à-dire à $\frac{1}{80}$ environ de l'oxygène changé en acide carbonique. Le rapport atomique des produits des deux réactions a été en moyenne :

$$106CO^2 : AzO^3H,$$

avec une variation de 25 à 40 centièmes, en moins ou en plus.

» *Conséquences thermochimiques.* — Si ces formules représentaient les

(¹) Purifié par le chlore au rouge vif.

produits immédiats de la combustion, toutes deux répondraient à un dégagement de chaleur, soit

$$94^{Cal},3 \times 106 \text{ pour } CO^2 \quad \text{et} \quad +5^{Cal},3 \text{ pour } AzO^3H \text{ gazeux.}$$

Mais il n'est guère douteux que la formation de l'acide azotique, AzO^3H, est précédée par celle du peroxyde d'azote, AzO^3. En effet, la bombe, ouverte immédiatement après la combustion, renferme des vapeurs rouges parfaitement visibles, vapeurs qui sont absorbées ensuite par l'eau mise au fond du vase dans les combustions calorimétriques, si l'on retarde l'ouverture du vase.

» Or la formation du peroxyde d'azote est endothermique, répondant vers 200° à $-7^{Cal},9$. En supposant le produit initial constitué par du bioxyde d'azote, AzO^2, il y aurait même absorption de $-21^{Cal},6$ dans sa formation.

» En tout cas, la formation des oxydes de l'azote dans les combustions doit être envisagée comme endothermique en soi, c'est-à-dire accomplie au moyen d'une énergie étrangère. La chaleur de combustion considérable du carbone, de l'hydrogène ou du soufre suffit parfaitement pour rendre compte de l'origine d'une semblable énergie. Mais elle opère par des voies intermédiaires, chimiques et physiques, jusqu'ici obscures, et sur lesquelles je reviendrai.

» *Rendement*. — Le rendement, c'est-à-dire la proportion entre l'azote intervenant et l'azote entré en combinaison, ne doit évidemment pas être établi d'après le poids total de l'azote contenu dans les vases, mais d'après le rapport entre l'oxygène consommé et l'azote auquel il était originairement mélangé. Ce rapport étant en fait de 8 centièmes en volume, c'est-à-dire 7 centièmes en poids, et le poids de l'oxygène consommé par gramme de carbone étant $2^{gr},66$, dès lors ce dernier renferme $0^{gr},38$ d'azote, dont $0^{gr},011$ sont entrés en combinaison : soit $\frac{1}{35}$ ou 3 centièmes de l'azote initial, ce qui ferait 13 centièmes d'acide azotique, AzO^3H. Tel est le rendement sous une pression de 25 atmosphères et dans les conditions de l'expérience.

» 2° Carbone graphite (provenant de la fonte de fer et purifié). — La combustion dans la bombe a exigé l'intervention de doses auxiliaires de naphtaline, variant entre un sixième et un quart du poids du graphite. En tenant compte de la formation de l'acide azotique, qui répondait à cet auxiliaire dans mes essais, il restait pour l'oxydation d'un gramme de graphite des doses d'acide azotique voisines, en moyenne, de $0^{gr},010$, c'est-à-dire représentant seulement le cinquième de la dose formée sous l'influence du même poids de carbone amorphe.

» 3° CARBONE DIAMANT. — Ce corps brûle dans les mêmes conditions. Il a fourni (déduction faite de l'acide azotique attribuable à un neuvième de son poids en naphtaline auxiliaire) pour 1gr de diamant : 0gr,015 d'acide azotique. Avec le diamant brut : 0gr,017 d'acide azotique. Cela fait un tiers du poids relatif fourni par la combustion du même poids de carbone amorphe.

» Ces écarts sont attribuables à la difficulté plus grande de la combustion du diamant et du graphite.

» J'ai dû me demander s'il y avait formation d'ammoniaque dans la combustion du carbone, c'est-à-dire combinaison simultanée de l'azote avec l'oxygène et les éléments de l'eau, existants dans l'atmosphère comburante. Les produits de trois opérations successives, exécutées chacune sur un poids de charbon amorphe voisin de 1gr, en tout 2gr,6, à une pression de 25 atmosphères comme ci-dessus, ont été réunis. Ils ont fourni 0gr,00145 d'ammoniaque, soit pour 1gr de carbone : 0gr,00046 d'azote uni à l'hydrogène. Ce poids représentait $\frac{1}{24}$ ou 4 pour cent du poids de l'azote uni à l'oxygène simultanément. La formation de l'ammoniaque dans ces conditions est donc réelle, mais secondaire. Elle peut être attribuée à la formation d'une dose correspondante d'azotite d'ammoniaque, conformément à la réaction qui forme ce composé par la combinaison directe de l'eau et de l'azote, soumis à l'action de l'effluve électrique.

DEUXIÈME SÉRIE. — *Combustion centrale dans une atmosphère d'oxygène, renfermant 8 centièmes d'azote, sous la pression atmosphérique, c'est-à-dire à pression constante.*

» CARBONE AMORPHE. — On a opéré avec du charbon de bois, lequel peut être assimilé suffisamment à du carbone amorphe, pour les essais actuels. Ce charbon était porté au rouge préalablement au moyen d'une flamme et projeté ensuite dans une petite capsule, suspendue au sein d'un flacon de 4 litres rempli d'oxygène. Le charbon s'éteint parfois : on pèse alors ce qui reste.

Poids du charbon brûlé.	AzO^3H.	Pour 1gr de charbon brûlé.	
		AzO^3H.	Az.
gr	gr	gr	gr
0,41	0,00034	0,00082	0,00018
0,55 (¹)	0,000084	»	»
0,48	0,00051	0,00092	0,00020
	Moyenne.......	0,00087	0,00019

(¹) Le charbon a mal brûlé.

» *Relations de poids entre le carbone brûlé et l'azote fixé.* — La proportion de l'acide azotique formé, et par conséquent celle de l'azote entré en combinaison dans ces essais, ont été beaucoup plus faibles : car elles se sont élevées seulement à 1,7 centième, c'est-à-dire au soixantième des quantités observées dans la bombe, sous une pression vingt-cinq fois aussi grande, mais dans des conditions d'échauffement par incandescence centrale beaucoup plus rapides.

» *Relation entre l'azote et l'oxygène entrés en combinaison.* — Sous la pression atmosphérique, elle répond seulement pour l'azote à

$$\frac{0,00019}{2,66000} = \frac{1}{14000}$$

ou 70 millionièmes du poids de l'oxygène uni au carbone, le poids de l'oxygène uni à l'azote étant $\frac{1}{5000}$ environ du poids de l'oxygène uni au carbone; ce qui fournit le rapport suivant entre les deux réactions :

$$4000\,CO^2 : AzO^3H.$$

» Le *rendement* est exprimé par le rapport $\frac{0,1862}{0,00019}$, soit $\frac{1}{1000}$ sensiblement du poids de l'azote initial; ce qui ferait un peu plus de $\frac{1}{200}$ d'acide azotique, AzO^3H.

» On voit combien ces chiffres sont inférieurs à ceux obtenus sous une pression de 25 atmosphères à volume constant. Or, les quantités de chaleur dégagées sous ces différentes pressions sont peu différentes. Mais la température est plus élevée sous pression : à la fois, parce qu'on opère à volume constant et parce que l'accroissement de pression diminue la dissociation de l'acide carbonique. Toutefois, l'écart de température attribuable à cette double cause ne semble pas assez considérable pour justifier l'écart énorme observé dans la formation des composés oxygénés de l'azote.

» Observons d'ailleurs que cet ordre de raisonnements exigerait une identité des autres conditions, ce qui n'a pas lieu en réalité. En effet, le calcul de la température de combustion suppose la combinaison simultanée de la totalité des éléments mis en présence dans une étendue donnée, hypothèse évidemment inacceptable; cette combinaison totale a peut-être lieu au point même où le carbone et l'oxygène sont mis d'abord en contact; mais l'oxygène se trouvant presque aussitôt, sinon même tout d'abord, en excès, il abaisse par là même la température de l'ensemble.

TROISIÈME SÉRIE. — *Combustion dans l'air, sous la pression normale constante.*

» CARBONE AMORPHE. — On a opéré avec du charbon de bois, en petits morceaux. Mais l'expérience se fait mal dans des conditions de combustion centrale. Pour obtenir des résultats réguliers, on a dû la réaliser en plaçant le charbon sur une nacelle de porcelaine, disposée dans un long tube de verre, chauffé extérieurement par une flamme de gaz et traversé par un courant d'air convenablement réglé.

» Ces conditions sont notablement différentes de celles des deux premières séries.

» Voici les résultats :

Poids du charbon brûlé.	AzO^3H.	Pour 1gr de charbon brûlé. AzO^3H.	Az.
gr	gr	gr	gr
0,62	0,000053	0,000086	0,000019
0,74	0,000107	0,000107	0,000024
	Moyenne........	0,000096	0,000021

» *Relations de poids entre le carbone brûlé et l'azote fixé.* — Ici la proportion de l'acide azotique formé et celle de l'azote entré en combinaison ont encore baissé, car elles sont égales aux 2 millièmes (0,002) de celles observées dans la bombe, avec l'oxygène à 25 atmosphères, et au neuvième des proportions observées dans l'oxygène, sous la pression atmosphérique.

» *Relation entre l'azote et l'oxygène entrés en combinaison.* — En opérant avec l'air, elle répond, pour l'azote à $\frac{0,000021}{2,600000} = \frac{1}{130000}$ ou 8 millioniémes du poids de l'oxygène uni au carbone. Le poids de l'oxygène uni à l'azote est $\frac{1}{45000}$ environ du poids de l'oxygène uni au carbone, ce qui fournit le rapport suivant entre les deux réactions :

$$36000\,CO^2 : AzO^3H.$$

» Le *rendement* est exprimé par le rapport $\frac{0,186200}{0,000021}$, soit $\frac{1}{9000}$ sensiblement du poids de l'azote initial ; ce qui ferait $\frac{1}{2000}$ d'acide azotique, AzO^3H.

» La chaleur totale dégagée est sensiblement la même qu'avec l'oxygène pur, sous la même pression constante ; mais la température est beaucoup plus basse, à cause de la nécessité d'échauffer une masse inerte d'azote, s'élevant presque au quadruple de l'oxygène consommé.

» Cependant les quantités d'acide azotique formées dans l'air par la

combustion, quelque faibles qu'elles soient, ne sauraient être regardées comme négligeables pour l'agriculture des peuples civilisés; car elles sont transmises à la terre arable par la pluie et les rosées.

» Je vais essayer d'en donner quelque idée. Par exemple, admettons que dans le département de la Seine il se brûle, chaque année, 4 millions de tonnes de combustibles divers, houilles, pétroles, etc., chiffre approximatif donné par les statistiques, et assimilons cette combustion à celle du charbon : il en résulterait une production annuelle d'environ $367,000^{kg}$ d'acide azotique, soit 1000^{kg} par jour. Cela ferait, par chaque hectare de ce département et par an, 8^{kg} environ d'acide azotique provenant des industries humaines : tel est l'ordre de grandeur de l'influence exercée par les combustions d'une grande ville. Des évaluations analogues, quoique plus vagues, étendues à la France entière donneraient, pour les seuls combustibles sus-indiqués, $0^{gr},1$ d'acide azotique par hectare. Mais ce chiffre est beaucoup trop faible, en raison de la consommation du bois, des herbes et broussailles, de la tourbe, etc., lesquels le porteraient à plusieurs décigrammes par hectare, d'après les évaluations les plus probables. Sans insister plus qu'il ne convient sur ces chiffres, il a paru utile de les signaler, pour montrer l'intérêt que présente en agriculture la formation de l'acide azotique pendant les combustions industrielles.

» Quoi qu'il en soit, le rôle de la pression dans la formation de l'acide azotique pendant les combustions ressort avec pleine évidence des trois séries d'expériences que je viens d'exposer; celui de l'électricité sera discuté plus loin.

» Je vais maintenant rapporter celles qui concernent le soufre et l'hydrogène, c'est-à-dire des éléments, avant d'examiner les observations faites sur les combinaisons de ces éléments. »

CHIMIE. — *Limites de combustibilité par l'oxyde de cuivre au rouge de l'hydrogène et des gaz carbonés dilués de grands volumes d'air.* Note de M. **Armand Gautier**.

« En passant sur l'oxyde de cuivre au rouge, l'hydrogène et les hydrocarbures sont transformés en eau et en acide carbonique; mais cette oxydation est déjà retardée, dans une certaine mesure, par les produits mêmes qui se forment; et, dans le cas où l'hydrogène ou les vapeurs combustibles sont mélangés d'avance à de grands volumes de gaz inertes, on peut se demander si leur combustion est totale.

» La question, intéressante en elle-même, de l'influence des grandes masses de gaz étrangers sur la combustibilité de l'hydrogène et des hydrocarbures, se pose nécessairement à propos de la recherche des gaz hydrogénés de l'atmosphère. On sait qu'en faisant passer de l'air lavé aux alcalis et parfaitement sec sur de l'oxyde de cuivre au rouge, Boussingault observa, il y a longtemps, qu'il se produit toujours un peu d'eau et d'acide carbonique ([1]). Il existe donc des vapeurs combustibles dans l'air, mais l'on ignore dans quelles limites leur combustion par l'oxyde de cuivre permet de les doser ou de reconnaître leur nature.

» J'examinerai surtout ici les cas de l'hydrogène et du gaz des marais. J'ai montré, en effet, par des expériences déjà anciennes ([2]), que de tous les gaz combustibles, mélangés à l'oxygène en léger excès, l'hydrogène est, après l'oxyde de carbone, le plus facile à brûler; que sa combustion commence à 180° et même au-dessous; qu'au contraire le gaz des marais est de tous les hydrocarbures gazeux le plus résistant. Les autres gaz combustibles se placent entre ces deux termes limites; il y a donc lieu de les choisir plus particulièrement pour élucider la question qui nous occupe.

» J'ai d'autre part observé et annoncé que l'hydrogène libre existe dans l'air atmosphérique ([3]), et l'on a cru pouvoir conclure des expériences de J.-B. Boussingault et d'autres auteurs, aussi bien que d'hypothèses fondées sur la formation naturelle du méthane dans le sol ou par les volcans, que ce dernier gaz était l'hydrocarbure principal entrevu dans l'atmosphère. Il convenait donc, à ces divers points de vue, de prendre avant tout l'hydrogène et le méthane pour étudier les limites de la combustibilité des gaz hydrogénés lorsqu'ils sont dilués dans de grands volumes d'air.

» *Préparation des mélanges dosés d'air déshydrocarburé et de gaz combustibles.* — Pour obtenir des mélanges dosés d'hydrogène (ou d'hydrocarbures) et d'air, il faut d'abord priver ce dernier de toutes ses vapeurs combustibles. Dans ce but, l'air filtré sur coton de verre circule successivement dans un absorbeur à lessive de potasse, absorbeur spécial à serpentin que j'ai décrit ailleurs ([4]); il passe ensuite dans un large tube en U plein de cristaux humides d'hydrate de baryum qui lui enlèvent les dernières traces de CO^2, puis sur une colonne de chaux sodée suivie d'un tube à anhydride

---

([1]) *Ann. de Chim. et Phys.*, 2e série, t. LVII, p. 161. On doit remarquer toutefois que les expériences de Boussingault ont été faites à Paris et qu'il fait ses réserves pour l'air des hautes régions, p. 152, *loc. cit.*

([2]) *Bull. Soc. chim.*, 2e série, t. XIII, p. 1, et *Comptes rendus*, t. CXXII, p. 569.

([3]) *Comptes rendus*, t. CXXVII, p. 693.

([4]) *Bull. Soc. chim.*, 3e série, t. XXIII, p. 141.

phosphorique qui le sèchent complètement, enfin dans deux tubes successifs, chacun de 35^{cm} de long, chargés d'oxyde de cuivre porté au rouge (¹); on s'est assuré que, dans ces conditions, un troisième tube à oxyde de cuivre placé à la suite ne donne plus sensiblement d'eau ni d'acide carbonique (²). Ainsi privé de ses gaz combustibles, l'air est recueilli dans un aspirateur plein d'eau additionnée de $\frac{1}{400}$ de son poids de carbonate sodique. On peut alors mélanger cet air aux divers gaz dont il s'agit d'étudier la combustibilité. Mais, pour éviter que ces gaz, se dissolvant en partie dans l'eau servant à les refouler, les titres des mélanges ne s'altèrent, on emploie le dispositif suivant :

» Un volume connu d'hydrogène pur (ou d'un autre gaz combustible) est introduit dans un flacon F, d'un litre environ, placé sur le mercure. On finit de remplir ce flacon avec l'air du laboratoire et on le bouche (pendant qu'il est encore retourné, le goulot en bas) avec un bouchon de caoutchouc lavé à l'eau, après avoir été préalablement laissé quelque temps sous le vide dans de la lessive chaude de potasse (³). Le bouchon laisse passer deux tubes; l'un *a* arrive jusqu'au fond du flacon F; l'autre *b*, capillaire, servira au départ des gaz. On retourne alors le flacon et l'on recouvre son bouchon de paraffine fondue. Ceci fait, au moyen d'un tube en T, on réunit le robinet à dégagement du gazomètre contenant l'air privé de gaz combustibles au tube capillaire *b* du flacon F à hydrogène, et dans celui-ci on fait arriver goutte à goutte, par le tube *a*, du mercure contenu dans une fontaine placée au-dessus, mercure dont on modère l'écoulement à volonté grâce à une pince à vis. L'air mêlé d'un volume connu d'hydrogène, sortant du flacon F, barbote d'abord dans un tout petit laveur à eau de 2^{cc} à 3^{cc}, puis se mélange bulle à bulle à l'air venu du gazomètre et se rendant lui-même au tube à combustion. L'écoulement du mercure est réglé de façon que la totalité du gaz du flacon F s'échappe en même temps que la totalité du volume d'air décarburé dans lequel il s'agit de le diluer. On arrive ainsi à un mélange parfait, et en proportion connue, d'air et d'hydrogène, sans que celui-ci ait été en contact avec l'eau du gazomètre.

(¹) Au rouge vif, le CuO n'agit pas sensiblement mieux qu'au rouge, et perd peu à peu en partie, plus rapidement qu'au simple rouge, la propriété qu'il a d'oxyder les hydrocarbures mélangés à l'air.

(²) Dans ces expériences, il faut faire passer au préalable très longtemps de l'oxygène sec sur CuO pour chasser les dernières traces de CO^2 et de H^2O des tubes à oxyde à cuivre. Il convient aussi d'éviter soigneusement les bouchons de liège ou de caoutchouc.

(³) Sans ces précautions, le caoutchouc peut dégager un peu de H^2S.

» *Combustion de l'hydrogène mêlé d'air déshydrogéné.* — Des recherches antérieures, dont je donnerai plus tard le détail, m'ayant montré que l'air atmosphérique contient environ $\frac{20}{100000}$ de son volume d'hydrogène libre, j'ai fait des mélanges d'hydrogène pur et d'air privé de tout gaz combustible dans cette proportion, soit 50^{cc} pour 250^{lit} environ. Ces mélanges, après avoir été parfaitement décarboniqués et séchés, circulaient dans deux tubes successifs de $0^{m},35$ de long d'oxyde de cuivre porté au petit rouge. Voici les résultats :

» Première expérience. — 235^{lit} d'air déshydrogéné sont additionnés de $50^{cc},0$ d'hydrogène pur et sec calculés à 0° et 760^{mm}.

» *Dilution de l'hydrogène :* $\frac{19,8}{100000}$.

Vitesse du passage du gaz par heure .... $2^{lit},87$

» On a trouvé :

	Eau formée.		H correspondant.
	gr		cc
Premier tube à CuO	0,0288		35,94
Deuxième tube »	0,0128		15,97
Total : Eau	0,0416	H...	51,91

» Deuxième expérience. — 250^{lit} d'air déshydrogéné ont reçu $49^{cc},9$ d'hydrogène sec (calculé à 0° et 760^{mm}).

» *Dilution de l'hydrogène :* $\frac{19,7}{100000}$.

Vitesse du passage du gaz par heure .... $2^{lit},22$

» On a trouvé :

	Eau formée.		H correspondant.
	gr		cc
Premier tube	0,0283		35,32
Deuxième tube	0,0108		13,48
Troisième tube	0,0006		0,78
Total : H^2O	0,0407	H...	49,58

» *Moyenne des deux expériences :*

Hydrogène trouvé .... $H = 50^{cc},74$

» On avait introduit :

	cc
H pur	49,95
H de l'hydrogène et des hydrocarbures primitifs d'un litre d'air du laboratoire (flacon F)	0,45
	50,40

Hydrogène total introduit .... $H = 50^{cc},40$

» Ainsi l'hydrogène, lorsqu'il est mélangé à 5000 fois environ son volume d'air ($\frac{20}{100000}$), *est entièrement brûlé* en passant sur une colonne d'oxyde de cuivre au rouge sombre de $0^m,70$ de long avec un débit de 2^{lit} à 3^{lit} à l'heure ([1]).

» Mais on remarquera que, dans les deux cas, le premier tube à oxyde de cuivre de 35^{cm} de long, porté au rouge, n'a brûlé que 70 pour 100 de l'hydrogène ainsi dilué dans 5000 volumes d'air. Si l'on n'eût employé qu'un seul tube au lieu de deux, il eût fallu multiplier par 1,43 le poids d'eau obtenu pour tenir compte de l'hydrogène qui, dans ces conditions, eût échappé à la combustion. C'est une remarque importante pour le calcul de nos expériences relatives au dosage de l'hydrogène atmosphérique.

» *Combustion du gaz méthane mêlé d'air.* — Pour obtenir à l'état tout à fait pur le méthane devant servir à ces recherches, j'ai dû recourir à la décomposition par l'eau du zinc-méthyle pur. J'entraînais, par un courant d'acide carbonique, ses vapeurs qui allaient se décomposer dans un laveur à potasse un peu concentrée.

» L'addition de méthane pur à l'air déshydrocarburé était faite comme on l'a expliqué pour l'hydrogène (p. 1354); on agissait avec les mêmes précautions pour la combustion du mélange par l'oxyde de cuivre.

» Première expérience. — *Méthane mélangé d'air purifié jusqu'à obtenir la dilution de* $\frac{25}{100000}$.

» Pris 30^{cc} gaz méthane pur et humide à $H = 762^{mm}$ et $t = 16^o$. On le mélange à 111 litres d'air.

Volume du gaz CH^4 sec à 0° et 760^{mm}............. $CH^4 = 27^{cc},2$

contenant

	En poids.	En volume.
H..................................	$0^{gr},00505$	$55^{cc},4$
C..................................	$0^{gr},01492$	»

» Après circulation du mélange en deux tubes successifs remplis d'oxyde de cuivre de chacun 30^{cm} de long (vitesse de 4 litres à l'heure) on obtient :

		H correspondant en poids.	en volume.
H^2O totale formée..........	$0^{gr},0316$	$0^{gr},00354$	$39^{cc},69$
CO^2 total produit...........	$0^{gr},0322$ contenant $C = 0^{gr},00878$		

([1]) On trouve presque toujours une légère différence positive; elle est peut-être due à une très faible attaque par l'eau, même carbonatée, des parois du récipient en zinc contenant l'air déshydrogéné soumis à la combustion.

» Ainsi, à la dilution de 25 volumes de CH^4 dans 100000 volumes d'air on a les résultats suivants :

	Brûlé
Pour 100 parties H contenues en CH^4 introduit...........	$71^p,6$
» parties C » »	$58^p,9$

» Deuxième expérience. — *Dilution du méthane dans l'air au* $\frac{7}{100000}$.

» Pris 20^{cc} gaz méthane pur et sec à $H = 760^{mm},8$ et $t = 16°$.

Volume du CH^4 sec à 0° et 760°.................. $CH^4 = 18^{cc},58$

» Contenant :

	En poids.	En volume.
H........................	$0^{gr},00335$	$37^{cc},16$
C........................	$0^{gr},0103$	»

» Ce gaz, mélangé à 252 litres d'air déshydrocarburé, circule dans les tubes à oxyde de cuivre avec une vitesse de 4 litres à l'heure.

» Voici les résultats :

	1er tube.	2e tube.	
	gr	gr	
H^2O *formée*...........	0,0040	0,0097	
H correspondant........	0,00044	0,00108	D'où : H total : $0^{gr},00152$
	gr	gr	
CO^2 *formé*............	0,0030	0,0109	
C correspondant........	0,00082	0,0029	D'où : C total : $0^{gr},0037$

» Il suit de ces chiffres qu'à la dilution de 7 volumes de gaz CH^4 en 100000 volumes d'air environ, on brûle, sur une colonne de CuO porté au rouge, de 70 centimètres de long :

Pour 100 parties H contenu en CH^4...........	$45^p,2$
» C »	$36^p,0$

» Ainsi à cet état de dilution extrême, c'est à peine si la moitié de l'hydrogène et un peu plus d'un tiers du carbone du gaz des marais sont atteints par l'oxydation.

» De ces deux expériences on doit conclure : 1° que la quantité de méthane qui brûle sur l'oxyde de cuivre, lorsqu'on mélange ce gaz à de grands volumes d'air, diminue avec la dilution ; 2° que lorsque sa proportion dans l'air déshydrocarburé oscille de 1 à 3 dix-millièmes, le méthane se comporte comme un mélange de CH^4 et d'*hydrogène libre en faible proportion,* la chaleur le dédoublant en hydrocarbures complexes et en hydrogène qui brûle plus rapidement que ceux-ci.

» *Combustion des mélanges de gaz des marais et d'hydrogène à la fois*

dilués dans de l'air déshydrocarburé. — On a opéré comme dans les cas précédents :

Mélangé.....	CH^4..................	40^{cc}
	H..................	20^{cc}

(Gaz mesurés à 761^{mm} et $t = 17°$).

» Ces quantités, calculées à 0° et 760^{mm}, répondent à

CH^4..........	37^{cc} contenant	H.........	74^{cc}	=	$0^{gr},0066$
		C.........	»	=	0,01994
H............	$18^{cc},5$ pesant......................				$0^{gr},001646$

» Ces gaz, dilués en 230^{lit} d'air (dilution à $\frac{16}{100000}$ pour CH^4) ont circulé, en trente-six heures, dans deux tubes à oxyde de cuivre au rouge, suivant le dispositif décrit ci-dessus. On a obtenu :

H^2O totale...	$0^{gr},0652$	contenant H.........	$81^{cc},36$
CO^2 total.....	$0^{gr},0204$	» C.........	$0^{gr},0056$

» Me fondant sur ce que j'ai établi plus haut que l'hydrogène mélangé à ce degré de dilution est complètement brûlé (*voir* p. 1356), nous admettrons que le gaz H *libre* du mélange ci-dessus a été entièrement transformé en eau en passant sur CuO au rouge. Si des $81^{cc},36$ d'hydrogène répondant à l'eau recueillie après combustion, on soustrait les $18^{cc},5$ d'hydrogène introduits dans le mélange primitif, il reste $62^{cc},86$ d'hydrogène provenant de la combustion du gaz des marais. Donc :

		Brûlé.	Brûlé pour 100.
H du CH^4 introduit.........	74^{cc}	$62^{cc},86$	85
C du CH^4 »	$0^{gr},01994$	$0^{gr},0056$	28

» D'après les nombres relatifs à la combustion du gaz des marais mêlé d'air, pour la dilution ci-dessus de $\frac{16}{100000}$ de CH^4 mélangé à l'air on aurait dû brûler :

Pour 100 parties H du gaz des marais introduit.......	$58^{p},3$
» C »	$47^{p},4$

» Il semblerait donc que, lorsque le gaz des marais est mélangé d'avance d'hydrogène libre, aux dilutions de $\frac{10}{100000}$ à $\frac{30}{100000}$ il brûle plus facilement son hydrogène propre que quand le méthane est brûlé seul; le contraire arrive pour le carbone, la vapeur d'eau, produite dans ce cas plus abondamment, enrayant sans doute la combustion de cet élément.

» Si, dans les mélanges d'hydrogène et de gaz des marais ou d'autres hydrocarbures volatils, au lieu de deux tubes à CuO porté au rouge on en emploie trois, le dernier pouvant même avoir une longueur de 80 centi-

mètres, on ne recueille plus après le deuxième tube que des quantités insignifiantes d'eau et d'acide carbonique. Nous avons eu l'occasion de nous en assurer un grand nombre de fois, et particulièrement en étudiant les variations de l'hydrogène et des hydrocarbures de l'air lui-même. »

ASTRONOMIE. — *Publications de l'observatoire de Besançon de* 1886 *à* 1896. Note de M. Lœwy.

« M. Gruey me charge de faire hommage, en son nom, à l'Académie de la première série des observations astronomiques effectuées à l'observatoire de Besançon de 1886 à 1896, ainsi que du 11e *Bulletin chronométrique* qu'il vient de faire paraître. L'important établissement scientifique qu'il dirige et dont l'origine remonte à 1878, est à la fois astronomique, chronométrique et météorologique. Il a été définitivement constitué en 1881, grâce aux efforts communs de la ville de Besançon, du département et de l'État. Cette fondation avait particulièrement pour but de venir en aide à l'une des plus importantes branches de l'activité nationale en Franche-Comté. La fabrication des montres si florissante jadis à Besançon se trouvait menacée dans son existence même par une concurrence étrangère voisine basée sur une organisation supérieure du travail. Dans l'intérêt général du pays, il convenait de faire disparaître cette infériorité et de mettre les horlogers bisontins à même de déployer dans les meilleures conditions leurs éminentes qualités. Il fallait leur fournir les moyens scientifiques de contrôle qui leur manquaient jusqu'alors et dont leurs rivaux faisaient un si profitable usage. Aucun progrès efficace ne peut être, en effet, obtenu dans la construction des appareils si délicats destinés à la mesure du temps, si l'on n'a pas la possibilité de vérifier à tout instant leur marche dans des conditions variées.

» Ancien astronome à l'Observatoire de Paris et ensuite professeur de Mathématiques et de Mécanique à la Faculté de Clermont-Ferrand, M. Gruey, auteur de travaux remarquables dans ces divers ordres d'études, était tout désigné pour être placé à la tête de l'observatoire de Besançon. Depuis sa nomination, en 1881, il a rempli avec le plus grand succès la tâche si variée qui lui a été dévolue. Grâce à sa sollicitude la fabrique de Besançon a réalisé, dans la période qui vient de s'écouler, des progrès incessants. Non seulement elle est devenue le centre incontestable de l'horlogerie française, mais ses produits peuvent maintenant entrer en lice avec les meilleurs des autres pays.

» On se rendra compte des résultats acquis en comparant le nombre

des chronomètres de poche et montres annuellement présentés au contrôle de l'observatoire depuis le 8 août 1885, date de l'ouverture du service chronométrique, jusqu'à l'époque actuelle. Du chiffre de 16 en 1885 on a passé graduellement à celui de 544, noté pour l'année 1899. Le 11e *Bulletin chronométrique* que j'ai l'honneur de mettre sous les yeux de l'Académie constate en outre que 4307 pièces ont été expérimentées à l'observatoire de Besançon et que le nombre des chronomètres qui ont obtenu la mention très satisfaisante est allé toujours en croissant.

» Le directeur, M. Gruey, a dû naturellement consacrer une partie notable des ressources de l'observatoire aux impérieuses nécessités du service chronométrique, mais il a néanmoins réussi, avec le concours d'un personnel zélé, à exécuter un nombre fort important d'observations astronomiques : on en trouve le détail dans les onze *Bulletins* parus de 1886 à 1896. Cet ensemble de publications renferme une recherche de longue haleine sur la latitude de l'observatoire de Besançon et les positions d'un certain nombre d'étoiles fondamentales choisies dans le zodiaque et utilisées pour la détermination de l'heure, de nombreuses séries de mesures de planètes et de comètes, ainsi que des observations de divers phénomènes sporadiques, occultations, éclipses, étoiles filantes, etc.

» En consultant ces divers fascicules on remarque avec regret que les efforts des astronomes de Besançon ont été souvent entravés par l'obligation de procéder avant tout à la recherche de la correction de la pendule et de subordonner ainsi aux exigences du service chronométrique les travaux astronomiques. Il y aurait un réel intérêt à remédier à cet inconvénient, en affectant une petite lunette méridienne spéciale à la détermination de l'heure. Cette mesure si facile à réaliser permettrait de poursuivre les recherches astronomiques avec toute la continuité nécessaire, et éviterait de les interrompre, comme cela arrive maintes fois, à l'instant même où les conditions géométriques du problème à résoudre sont les plus favorables.

» Il y a lieu de féliciter M. Gruey d'avoir su donner à l'établissement qui lui a été confié une aussi heureuse impulsion dans les trois directions que le décret constitutif de l'observatoire avait proposées à son activité. »

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action de l'acide bromhydrique sur le benzylidènecamphre droit. Benzylcamphre monobromé. Acides benzylidènecampholique et phényloxyhomocampholique droits.* Note de MM. **A. Haller** et **J. Minguin.**

« L'un de nous [1] a montré que, lorsque l'on condense les aldéhydes aromatiques avec le camphre par l'intermédiaire de son dérivé sodé, on obtient des combinaisons de la forme $C^8H^{14}\left\langle\begin{array}{l}C = CHR\\ |\\ CO\end{array}\right.$, R étant un radical aromatique. Parmi les composés ainsi obtenus, le benzylidènecamphre a été spécialement étudié, par suite de la facilité avec laquelle il se prépare.

» En raison de son caractère de corps non saturé, le benzylidènecamphre se prête à un certain nombre de réactions d'addition dont il a déjà été question [2]. Des essais tentés pour le combiner à l'acide bromhydrique nous ont conduits à des résultats aussi nouveaux qu'inattendus.

» *Benzylcamphre monobromé* : $C^8H^{14}\left\langle\begin{array}{l}CH.CHBr.C^6H^5.\\ |\\ CO\end{array}\right.$ — Quand on dissout à froid 50^{gr} de benzylidènecamphre droit finement pulvérisé dans 300^{gr} d'acide acétique cristallisable saturé d'acide bromhydrique, et qu'on abandonne le mélange à lui-même, pendant un mois à six semaines, il se sépare des cristaux blancs, qu'il suffit d'essorer et de faire cristalliser dans un mélange d'éther et d'éther de pétrole pour être obtenus à l'état de pureté parfaite.

» Ce corps se présente sous la forme de masses blanches mamelonnées, très solubles dans l'éther, solubles dans l'alcool et le benzène, insolubles dans l'eau. Il fond à 146° et possède, en solution dans l'alcool, le pouvoir rotatoire $\alpha_D = +53°,3$. L'analyse lui assigne la formule $C^{17}H^{21}BrO$. C'est donc un produit d'addition du benzylidènecamphre avec de l'acide bromhydrique, et par analogie avec ce qui se passe avec d'autres molécules non saturése, nous sommes autorisés, dans une certaine mesure, à admettre que l'hydracide se combine de telle sorte que l'élément halogène se trouve en β vis-à-vis du groupe CO, c'est-à-dire qu'à ce dérivé revient la formule

$$C^8H^{14}\left\langle\begin{array}{l}CH.CHBr.C^6H^5\\ |\\ CO\end{array}\right. .$$

---

(1) A. Haller, *Comptes rendus*, t. CXIII, p. 22.

(2) A. Haller, *loc. cit.* et t. CXXI, p. 37.

» Comme nous le verrons dans la suite, ce corps possède un isomère qu'on dérive directement du benzylcamphre.

» *Acides benzylidènecampholique* $C^8H^{14}\left\langle\begin{matrix}CH = CHC^6H^5\\ COOH\end{matrix}\right.$ et *phényloxy-homocampholique* $C^8H^{14}\left\langle\begin{matrix}CH^2 - CHOH.C^6H^5\\ COOH\end{matrix}\right.$ *droits*. — Si, au lieu de faire agir l'acide bromhydrique à froid sur le benzylidènecamphre, on opère en autoclave à 100°, on n'obtient pas le dérivé bromé dont il a été question plus haut. Le liquide acide étendu d'eau laisse déposer un produit qui se dissout partiellement dans du carbonate de soude. La partie non dissoute est du benzylidènecamphre non transformé. La liqueur, séparée par filtration, est acidulée par l'acide sulfurique et le précipité, après avoir été lavé à l'eau, est purifié par cristallisation dans l'alcool bouillant. On obtient de beaux prismes transparents qui s'effleurissent au bout d'un certain temps, par suite de la séparation d'une molécule d'alcool de cristallisation.

» L'acide complètement effleuri et séché à 100° fond à 217°. Son pouvoir rotatoire dans l'alcool est égal à $\alpha_0 = + 68°,6$.

» Un dosage alcalimétrique montre nettement qu'il est monobasique.

» L'analyse lui assigne la formule $C^{17}H^{24}O^3$; il résulte de la fixation de deux molécules d'eau sur une molécule de benzylidènecamphre.

» Étant données sa composition et aussi sa fonction, on est autorisé à considérer ce corps comme un acide alcool. Toutefois, quand on le traite par du chlorure de benzoyle, il *régénère intégralement* du *benzylidènecamphre*.

» A côté de cet acide $C^{17}H^{24}O^3$, nous avons isolé un acide vitreux qui répond à la formule $C^{17}H^{22}O^2$. Il diffère donc de l'acide cristallisé par une molécule d'eau en moins.

» Ces deux acides s'obtiennent également en chauffant à 100° le benzylcamphre monobromé $C^8H^{14}\left\langle\begin{matrix}CH^2 - CHBrC^6H^5\\ | \\ CO\end{matrix}\right.$, avec de l'acide acétique saturé d'acide bromhydrique. Ils prennent encore naissance quand on traite le même dérivé bromé du benzylcamphre par de la potasse en solution alcoolique. Dans cette réaction il se produit toutefois principalement de l'acide vitreux.

» *Éther méthylique de l'acide fondant à* 217° : $C^8H^{14}\left\langle\begin{matrix}CH^2.CHOH.C^6H^5\\ COOCH^3\end{matrix}\right.$. — *Éthérification par le sel d'argent.* — Cet éther a été obtenu en partant du sel d'argent de l'acide fondant à 217°. On met ce sel bien sec en suspension dans le benzène anhydre et on le fait bouillir avec la quantité équi-

valente d'iodure de méthyle. La solution filtrée abandonne des cristaux répondant à la formule $C^{18}H^{26}O^3$ et fondant à 105°. Ce corps a le pouvoir rotatoire $\alpha_D = +66°,4$, en solution dans le toluène.

» Saponifié avec de la potasse il régénère l'acide solide avec le point de fusion de 217°.

» *Éthérification de l'acide fondant à 217° par l'intermédiaire de l'acide chlorhydrique.* — Si, au lieu de passer par le sel d'argent, on effectue l'éthérification de cet acide en le chauffant en tubes scellés avec de l'alcool méthylique saturé d'acide chlorhydrique, on obtient un nouvel éther distillant à 205°-210° sous une pression de 15^{mm} et qui possède le pouvoir rotatoire $\alpha_0 = +20°$ dans le toluène.

» L'analyse de ce composé conduit à la formule $C^{18}H^{24}O^2$, c'est-à-dire qu'il diffère de celui fondant à 105° par une molécule d'eau en moins.

» Soumis à la saponification il fournit, non pas l'acide fondant à 217° qui a servi de point de départ, mais l'*acide vitreux* dont il a été question plus haut. Le même éther s'obtient d'ailleurs en chauffant le sel d'argent de ce même acide vitreux avec de l'iodure de méthyle. Il distille, en effet, de 210° à 215° sous 20^{mm} de pression, et possède le pouvoir rotatoire $\alpha_0 = +22°$.

» *Interprétation des résultats.* — En nous basant sur les analogies nous avons admis pour le benzylidène et ses analogues la formule (¹)

$$C^8H^{14}\left\langle\begin{array}{l} C = CHR \\ \mid \\ CO \end{array}\right. ,$$

c'est-à-dire que nous supposons que la chaîne greffée sur le noyau camphre y est fixée par l'intermédiaire d'une double liaison. La facilité avec laquelle le benzylidènecamphre se scinde en acides camphorique et benzoïque, sous l'influence des agents oxydants, vient, du reste, à l'appui de cette manière de voir. Mais il résulte des recherches de M. Charon, de M. Heinreich et de M. Thiele, que les doubles liaisons introduites dans certains groupements organiques y exercent une influence analogue à celle qu'exercent les radicaux négatifs. Or, dans un ensemble de recherches ayant trait au camphre cyané et à l'éther camphocarbonique (²), nous avons montré que le complexe $C^8H^{14}\left\langle\begin{array}{l} CH^2 \\ \mid \\ CO \end{array}\right.$ du camphre s'additionnait facilement

(¹) A. Haller, *Comptes rendus*, t. XCVII, p. 843; t. CXV, p. 97, etc.

(²) A. Haller et J. Minguin, *Ibid.*, t. CX, p. 400; J. Minguin, *Thèse de la Faculté des Sciences de Paris*, p. 10; 1893.

les éléments de l'eau ou des alcools, quand on y introduit au préalable du cyanogène ou du carboxéthyle.

$$C^8H^{14}\left\langle\begin{array}{l}CHCAz\\ |\\ CO\end{array}\right. \rightarrow C^8H^{14}\left\langle\begin{array}{l}CH^2CAz\\ COOH\end{array}\right. \rightarrow C^8H^{14}\left\langle\begin{array}{l}CH^2CAz\\ COOR\end{array}\right. \rightarrow C^8H^{14}\left\langle\begin{array}{l}CH^2.COOH\\ COOH\end{array}\right. .$$

» Du moment qu'une double liaison favorise, dans un complexe $-CH=CH-CH^2-CO^2R$, la substitution de l'hydrogène de CH^2 par du sodium et partant par des radicaux, au même titre qu'un radical négatif CAz, CO^2R, CO, comme par exemple dans $CH^2\left\langle\begin{array}{l}CO^2R\\ CO^2R\end{array}\right.$, $CH^2\left\langle\begin{array}{l}CAz\\ CO^2R\end{array}\right.$, ..., nous sommes aussi autorisés à admettre qu'elle favorise l'ouverture des chaînes fermées sous l'influence des agents hydratants comme les acides chlorhydrique, bromhydrique et iodhydrique. La formation de nos deux acides aux dépens du benzylidènecamphre s'explique alors clairement et peut se traduire par les équations

$$\text{I.}\quad \underbrace{C^8H^{14}\left\langle\begin{array}{l}C=CHC^6H^5\\ |\\ CO\end{array}\right.}_{\text{Benzylidènecamphre.}} + H^2O = \underbrace{C^8H^{14}\left\langle\begin{array}{l}CH=CH.C^6H^5\\ COOH\end{array}\right.}_{\text{Acide benzylidènecampholique.}} .$$

$$\text{II.}\quad C^8H^{14}\left\langle\begin{array}{l}C=CHC^6H^5\\ |\\ CO\end{array}\right. + 2H^2O = \underbrace{C^8H^{14}\left\langle\begin{array}{l}CH^2-CHOH.C^6H^5\\ COOH\end{array}\right.}_{\text{Acide phényloxyhomocampholique.}} .$$

» On peut aussi admettre, et la formation de l'éther benzylidène campholique en partant de l'acide phényloxyhomocampholique corrobore dans une certaine mesure notre hypothèse, que l'acide benzylidénique dérive de son congénère II par une simple déshydratation.

» Si la constitution de nos nouvelles molécules est bien celle que nous leur attribuons, il en ressort que la présence d'une double liaison greffée sur l'un des rameaux de la chaîne du camphre qui a été rompue n'a plus pour effet d'exalter le pouvoir rotatoire du nouveau corps, puisque l'éther méthylique de l'acide benzylidènecampholique a à peine le pouvoir rotatoire $\alpha_D = +22°$, tandis que le benzylidènecamphre dont on est parti possède le pouvoir rotatoire $\alpha_D = +430°$ environ.

» Les propriétés de l'oxyacide II nous suggèrent encore une autre réflexion. Si l'interprétation de nos réactions est exacte, cet acide répondrait à un oxyacide δ, susceptible de donner une lactone dans le cas où

l'on adopte la formule du camphre de M. Bouveault, et à un oxyacide ε si l'on considère le schéma de M. Bredt.

» Nous continuons l'étude de ces composés. »

PALÉONTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur les forêts fossiles et les sols de végétation du terrain houiller.* Note de M. **Grand'Eury**.

« Il semble bien que les Calamites, Psaronius, Syringodendrons, Cordaïtes étaient habitués à vivre le pied dans les eaux mortes ou courantes, comme d'ailleurs leurs analogues vivants les Cryptogames vasculaires et le *Taxodium distichum*. Vigoureux et souples, ils se répandaient indifféremment dans les marais et sur les aires de dépôts. Dans ceux-ci les tiges enracinées, étant restées engagées dans la roche, forment les forêts fossiles proprement dites. On a vu que dans ceux-là, comme dans le Dismal-Swamp, les tiges de plantes houillères poussaient aussi hors du sol, les rhizomes rampaient au fond de l'eau. Qu'une submersion ou toute autre cause vienne à faire périr les arbres d'une telle forêt et à les détruire ras-sol, et il ne restera que les souches et racines souterraines.

» Telle est bien l'origine des sols de végétation fossiles. Ce sont à Saint-Étienne généralement des argiles schisteuses pénétrées de racines de différentes espèces, et renfermant des souches et des tiges ne dépassant pas le joint d'argile supérieur qui représente un ancien fond de marais. Ces sols de végétation sont très fréquents. On en compte avec les forêts fossiles de 10 à 20 à Montrambert et à la Grand'Combe. M. Dawson a signalé 68 niveaux de racines en Nouvelle-Écosse. L'underclay, ou argile à *Stigmaria*, formant le mur de presque toutes les couches du Westphalien, est par excellence le sol de végétation de cet étage. Les nerfs et entre-deux de nombreuses couches de houille de l'étage Stéphanien, étant pénétrés de racines en place, constituent aussi, dans ces couches, des sols de végétation. Lorsque ceux-ci sont charbonneux, on les pourrait prendre pour du terreau fossile, mais ce sont, suivant toute apparence, des fonds tourbeux fossilisés.

» S'il a pu persister des doutes touchant le développement sur place des tiges enracinées prises isolément, les sols de végétation vont les dissiper. Les racines des différentes sortes de plantes qui y sont implantées ont, en effet, poussé les unes entre les autres sans se déranger mutuellement. Divergentes sous les souches, alignées sous les rhizomes, elles sont tou-

jours et partout groupées, et non dispersées comme les organes de plantes fossiles charriés et déposés par les eaux. Elles traversent d'ailleurs, avons-nous vu, de haut en bas, les schistes et empreintes stratifiées, ayant déformé celles-ci et fait perdre à la roche sa facilité de se diviser en feuillets. Et lorsque, et le fait n'est pas rare, plusieurs générations d'arbres se sont succédé sur le même dépôt, les racines des souches supérieures ont poussé en partie dans les souches inférieures des premiers arbres déjà morts pourris et tombés. Au reste, on ne trouve avec les feuilles et tiges stratifiées, pour ainsi dire, aucuns fragments détachés et isolés de rhizomes ou de racines souterraines, ce qui, en montrant que les sols de végétation n'ont pas été remaniés, complète les preuves qu'ils sont réellement les témoins irrécusables de forêts ayant envahi les bassins de dépôt.

» Les arbres et souches enracinés ne sont pas disséminés à l'aventure. Rangés au même niveau, ils forment une forêt fossile. Prenant naissance à plusieurs niveaux très rapprochés, les tiges rompues à différentes hauteurs représentent plusieurs générations d'arbres s'étant développés au même endroit. Le plus souvent les forêts et sols de végétation fossiles occupent des niveaux plus ou moins espacés, séparés par des séries de grès et schistes privés de racines *in situ*.

» A part les sols à *Stigmaria*, les forêts fossiles sont également interrompues dans l'espace, disparaissant dans certaine direction. Il y en a de limitées dans tous les sens à quelques bouquets de Calamariées. Des régions, des étages entiers sont dépourvus de tiges et souches enracinées.

» De leur distribution horizontale, il résulte que, au même moment, le bassin de dépôt n'a pas présenté des conditions de profondeur d'eau ou de milieu à rendre possible la végétation sur toute son étendue. Et l'idée que M. l'abbé Boulay s'est faite du bassin houiller du Nord de la France, pendant la formation de la houille, est applicable au bassin de la Loire : celui-ci s'est aussi trouvé à l'état d'un lac marécageux plus ou moins profond, dont les bords et les hauts fonds étaient envahis par la végétation.

» Or, il n'y a pas de différence entre les fossiles stratifiés et ceux enracinés; la plupart des types de plantes houillères sont représentés dans les forêts fossiles, et ceux qui ne le sont pas, gisant associés aux premiers, il semble que tous appartiennent à des plantes de marais et de terres basses inondées.

» L'état des fossiles confirme cette proposition. Étant aussi bien conservés que les feuilles qui tombent à l'eau et en gagnent le fond, tous les paléontologistes estiment qu'ils n'ont pas été charriés de loin. Ils ne ressemblent pas aux restes de plantes de terre sèche que les eaux ont ramassés

sur le sol, brassés et transportés dans les lacs. Les empreintes végétales sont grandes et les organes des mêmes plantes étant souvent rapprochés, quoique dissociés, Lindley a pu dire qu'ils ont été enfouis presque sur place; cela est maintenant vérifié. C'est un fait digne de remarque que le rassemblement ordinaire des parties congénères des mêmes plantes : tiges, rameaux et épis de Calamariées; stipes et frondes de Névroptérides; tiges, feuilles et macrospores de Sigillaires; branches, feuilles, inflorescences et graines de Cordaïtes, etc. Si de tels assemblages n'excluent pas le transport par flottage sur des eaux peu agitées, combinés à l'association fréquente des *Annularia*, ils ramènent à la notion de plantes marécageuses, dont les organes et débris détachés tombaient à l'eau; c'est ce qui explique leur parfaite conservation et la réunion des espèces sociales.

» De là à l'idée que la végétation primitive remplaçait celle de nos marais, il n'y a pas bien loin.

» On verra en effet que, dans l'ensemble, elle paraît avoir été liée à la formation des couches de houille à peu près comme les plantes de marais actuelles le sont aux dépôts de tourbe sous-aquatique.

» N'y avait-il pas en même temps, à l'époque de la houille comme aujourd'hui, une végétation de terre ferme?

» Rien, jusqu'ici, n'a révélé, d'une manière évidente, la coexistence d'une flore de montagne.

» Ni dans les brèches d'éboulis du bassin de la Loire, ni dans les cônes de déjections formées de roches grossières descendues de haut, par des torrents, dans ce bassin et celui du Gard, je n'ai trouvé d'autres plantes que celles encombrant les schistes houillers ordinaires. On rechercherait vainement, je crois, dans l'étage stérile du Gard composé de limons fins apportés par de longs cours d'eau, parmi les menus détritus végétaux que renferment ces limons, le moindre vestige de plantes étrangères à la partie productive de ce bassin.

» On ne voit guère, en faveur de l'existence de végétaux d'arrière-plan et de terre sèche, que les nombreux genres de graines qui, ne se rapportant pas aux Cordaïtes, proviennent de Gymnospermes dont les autres organes nous sont inconnus ou ne nous sont parvenus qu'en fragments peu discernables. Cependant, partie de ces graines sont contenues dans certains silex noirs de Grand'Croix que M. Renault considère comme de la tourbe pétrifiée, et les plus singulières de toutes, les *Codonospermum*, Br., dénotent, par leur vessie natatoire, des plantes aquatiques plutôt que de terre sèche.

» Mais, si la végétation carbonifère amie des eaux ne s'élevait pas ou

presque pas sur les pentes, pouvait-elle supporter le contact de l'eau saumâtre, et descendre sur la mer comme on l'a prétendu? Je ne le crois pas, parce que, aux caractères de formation d'eau douce que possèdent les dépôts charbonneux de tout âge, je puis joindre la preuve que la végétation habituelle des marais houillers a reculé devant l'invasion des eaux saumâtres, et à plus forte raison de la mer. Ainsi, dans le bassin du Donetz, district du Kalmious, où les couches de houille sont surmontées à distance de calcaire marin et de schistes marneux, je n'ai pu découvrir dans ceux-ci une seule racine, tandis que, dans et près ces couches, les schistes argileux renferment, comme d'ordinaire, des *Stigmaria*, d'autres rhizomes et des racines en place. »

M. **Appell** fait hommage à l'Académie du premier fascicule du tome III de son *Traité de Mécanique rationnelle*. Ce fascicule traite de l'*Attraction* et de l'*Hydrostatique*.

NOMINATIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à la nomination d'un Secrétaire perpétuel pour les Sections de Sciences Mathématiques, en remplacement de M. *Joseph Bertrand*.

Au premier tour de scrutin, le nombre des votants étant de 58 :

M. Darboux obtient.	33	suffrages
M. Cornu »	23	»
M. Poincaré »	2	»

M. **Darboux**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu.

Sa nomination sera soumise à l'approbation du Président de la République.

L'ordre du jour appelle l'élection d'un Membre dans la Section d'Anatomie et Zoologie, pour remplir la place laissée vacante par le décès de M. *Blanchard*.

La Section d'Anatomie et Zoologie a présenté la liste suivante de candidats :

En première ligne, par ordre alphabétique	MM. **Mathias Duval.** **Giard.**
En deuxième ligne, par ordre alphabétique	MM. **Joannès Chatin.** **Yves Delage.** **Vaillant.**
En troisième ligne, par ordre alphabétique	MM. **Bouvier.** **Oustalet.** **Pruvost.**

Les titres de ces candidats ont été discutés en Comité secret dans la dernière séance.

Au premier tour de scrutin, le nombre des votants étant 59,

M. Joannès Chatin obtient	17	suffrages,
M. Giard »	15	»
M. Delage »	13	»
M. Mathias Duval »	12	»
M. Vaillant »	1	»

Il y a un bulletin blanc.

Aucun des candidats n'ayant réuni la majorité absolue des suffrages, il est procédé à un deuxième tour de scrutin.

Au deuxième tour de scrutin, le nombre des votants étant 59,

M. Joannès Chatin obtient	24	suffrages,
M. Giard »	19	»
M. Mathias Duval »	8	»
M. Delage »	7	»

Il y a un bulletin blanc.

Aucun candidat n'ayant réuni la majorité absolue des suffrages, il est procédé à un scrutin de ballottage.

Le nombre des votants étant 59,

M. Joannès Chatin obtient	30	suffrages,
M. Giard »	28	»

Il y a un bulletin blanc.

M. **Joannès Chatin**, ayant réuni la majorité des suffrages, est proclamé élu.

Sa nomination sera soumise à l'approbation du Président de la République.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à la nomination d'un Correspondant pour la Section de Mécanique, en remplacement de M. *Riggenbach*.

Au premier tour de scrutin, le nombre des votants étant 45,

M. Gibbs obtient . . . . 45 suffrages.

M. **Gibbs**, ayant obtenu l'unanimité des suffrages, est élu Correspondant de l'Académie.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à la nomination d'une Commission de deux Membres qui sera chargée de la vérification des comptes pour l'année 1899.

MM. **Maurice Lévy** et **Mascart** réunissent l'unanimité des suffrages.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à la nomination de Commissions de prix chargées de juger les concours de 1900.

Le dépouillement des scrutins donne les résultats suivants :

Prix Philipeaux. — MM. d'Arsonval, Bouchard, Marey, Chauveau, Ranvier.

Prix Gay. — MM. Marcel Bertrand, Michel Lévy, de Lapparent, Fouqué, Gaudry.

Prix Montyon (Arts insalubres). — MM. Gautier, Moissan, Brouardel, Troost, Bouchard.

Prix Cuvier. — MM. Gaudry, Perrier, Filhol, de Lacaze-Duthiers, Marcel Bertrand.

Prix Trémont. — MM. Maurice Lévy, Sarrau, Berthelot, Mascart, Poincaré.

Prix Gegner. — MM. Mascart, Maurice Lévy, Poincaré, Schlœsing, Moissan.

Prix Delalande-Guérineau. — MM. Grandidier, Bouquet de la Grye, Hatt, Berthelot, Bassot.

Prix Jérôme Ponti. — MM. Cornu, Mascart, Jordan, Maurice Lévy, Berthelot.

Prix Tchihatchef. — MM. Grandidier, Bouquet de la Grye, Perrier, Van Tieghem, Guyou.

Prix Houllevigue. — MM. Hautefeuille, Michel Lévy, Fouqué, de Lapparent, Marcel Bertrand.

RAPPORTS.

PHYSIQUE. — *Rapport sur une suite de travaux présentés par M.* Marx.

(Commissaires : MM. *Boussinesq, Cornu, Poincaré, Sarrau; de Lapparent,* rapporteur.)

« M. Marx, inspecteur général des Ponts et Chaussées en retraite, a soumis au jugement de l'Académie une suite de Mémoires dans lesquels il a poursuivi l'application, aux divers Chapitres de la Physique, d'une théorie de l'*éther* envisagé comme le *principe universel des forces.*

» Le point de départ de ce système est inspiré de l'hypothèse de Fresnel, pour qui chaque atome pondérable était entouré d'une atmosphère d'éther condensé.

» M. Marx transforme cet énoncé en admettant qu'au sein de l'éther, *se comportant comme un gaz parfait,* l'atome pondérable, analogue au centre d'une sphère électrisée négativement, constitue un *centre de dépression* en équilibre de tension avec le milieu ambiant.

» De la sorte, la matière sensible aurait la faculté d'enlever au milieu général de l'éther une certaine quantité d'énergie servant à alimenter ses propres vibrations. Celles-ci, à leur tour, feraient naître dans le milieu ambiant des ondulations sphériques.

» Pour M. Marx, l'atome étant infiniment petit, les ondulations qu'il engendre se développent de façon uniforme et se propagent longitudinalement dans toute l'étendue de l'éther. De deux atomes en présence, chacun, noyé dans la gerbe dépressive émanée de l'autre, est poussé vers son voisin tout comme si les deux atomes s'attiraient mutuellement, en raison directe de l'intensité des actions dépressives et en raison inverse du carré des distances.

» Ainsi la gravitation universelle apparaît comme une conséquence immédiate de la notion du centre de dépression.

» Quant à la molécule des corps ou éléments chimiques, l'auteur y voit un agrégat d'atomes, dont chacun influe sur l'état de dépression de l'atmosphère éthérique propre à la molécule. Celle-ci devient de la sorte un centre d'action complexe, dont la modalité formerait le facteur principal de la constitution des corps pondérables.

» L'éther serait donc à la fois l'agent universel de propagation des énergies émises par les centres actifs, et le réservoir général où viendraient rentrer, sous des modalités diverses, les énergies issues de ce milieu, toujours prêtes à prendre part à la manifestation des phénomènes de tout ordre qui, dans le monde de la matière, constituent le mouvement et la vie.

» Après ces préliminaires, M. Marx entre dans des considérations, que nous ne pouvons développer ici, sur la différence de propagation des ondulations gravifiques ou longitudinales, et de celles auxquelles il attribue les phénomènes électriques et optiques. Il regarde celles-ci comme hélicoïdales et croit pouvoir indiquer, dans leur constitution, des particularités qui rendraient compte de la polarisation ainsi que de la formation des rayons X.

» Appliquant son système à l'Électrostatique, l'auteur constate que le voisinage des centres actifs en vibration doit mettre l'éther dans un état de tension qui en fait un véritable diélectrique. Il croit trouver dans la même analyse l'explication du courant de retour de Maxwell, ainsi que celle de l'augmentation de volume de la bouteille de Leyde en charge.

» En Électrodynamique, l'auteur explique la formation du courant de la pile, dans le fil conducteur, par des vibrations dynamiques issues du pôle de plus forte tension, et faisant naître dans le fil des ondulations impulsives qui se traduisent par une élévation de température. D'ailleurs, en vertu de l'incompressibilité que, dans les limites des expériences, l'éther paraît devoir offrir sur toute l'étendue du fil, cette chute de potentiel reproduirait naturellement les circonstances habituelles de l'Hydrodynamique.

» Ce n'est pas ici le lieu de suivre M. Marx dans les applications toujours ingénieuses qu'il a faites de son système aux phénomènes d'induction comme à ceux des courants à courte période. Il suffira de constater que l'auteur n'a rencontré, parmi les faits connus, rien qui lui semblât rebelle à sa doctrine. Si l'on ne peut pas dire qu'il ait réussi à mettre sa théorie

sous la forme analytique, qui seule permettra d'en juger définitivement la valeur, du moins est-il juste de reconnaître que cette synthèse, où se manifeste l'effort d'établir un enchaînement logique qui ramène tout à une simple question d'énergétique, offre, comme mode d'exposition scientifique, de réels avantages.

» La représentation des phénomènes y demeure concrète. L'éther n'y est pas doté de propriétés qu'on puisse dire inconciliables. En même temps, la notion de forces agissant à distance est partout remplacée par des conceptions qui ne soulèvent pas d'objections philosophiques.

» En résumé, c'est l'œuvre d'un penseur en même temps que d'un homme de science très versé dans les choses de la Physique, et si nous devons faire des réserves sur quelques points, nous ne pouvons qu'encourager l'auteur à poursuivre ses études, avec l'espoir qu'il lui sera possible de préciser ses conceptions fondamentales au point de les rendre saisissables par l'analyse mathématique.

» C'est dans ce but que votre Commission vous propose l'impression du présent Rapport dans les *Comptes rendus*. »

Les conclusions du Rapport sont mises aux voix et adoptées.

MÉMOIRES PRÉSENTÉS.

M. J. **Fiévet** soumet au jugement de l'Académie les plans d'un système d'avertissement électrique pour éviter les collisions de trains de chemin de fer.

(Commissaires : MM. Maurice Lévy, Mascart, Léauté.)

M. Em. **Vial** adresse une réclamation de priorité au sujet d'une « nouvelle hypothèse sur les sensations olfactives » présentée par MM. Vaschide et Van Melle dans la séance du 26 décembre 1899.

(Commissaires : MM. Marey, Ranvier, Perrier.)

M. A.-L. **Herrera** adresse un Mémoire ayant pour titre : « Sur la démonstration photographique de l'amœbisme et du chimiotropisme des oléates alcalins ».

(Commissaires : MM. Marey, Chauveau.)

M. Suess, élu Associé étranger, adresse ses remerciements à l'Académie.

CORRESPONDANCE.

M. le Secrétaire perpétuel signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Un Ouvrage de M. *P. Janet* intitulé : « Leçons d'Électrotechnique générale professées à l'École supérieure d'Électricité ». (Présenté par M. Mascart.)

2° Un Ouvrage de M. *B. Renault* « Sur quelques microorganismes des Combustibles fossiles ». (Présenté par M. Bonnier.)

M. le Ministre des Affaires étrangères transmet à l'Académie une lettre du consul de France aux Philippines, relative à une éruption du volcan Mayon, dans l'île de Luçon (Extrait).

« Ce volcan se trouve, par 13°14'40" de latitude Nord, au nord-ouest de la ville d'Albay, dans la partie sud-est de l'île de Luçon. Ses éruptions de 1766, 1814 et 1897 ont causé de grands dégâts, détruit plusieurs villages et fait périr un grand nombre d'habitants.

» Le 3 mars dernier, à 2^h du matin, une nouvelle éruption se produisit et prit immédiatement des proportions qui effrayèrent les populations voisines. Le volcan lançait des pierres, une lave brûlante et des cendres qui enveloppaient d'un brouillard épais, à une grande distance, la zone environnante. Le Mayon resta en activité tout le jour suivant. L'éruption fut accompagnée d'une forte tourmente qui secouait les maisons comme l'aurait fait un tremblement de terre. A 6^h du soir, l'éruption diminua légèrement. Le lendemain matin, le calme et la lumière revenaient, bien que le cratère fût encore couronné d'un immense panache de flammes rougeâtres et continuât à lancer de grosses pierres et de la lave.

» Cette éruption n'ayant été précédée d'aucun phénomène précurseur, on ignore si les habitants des villages qui longent les flancs du volcan ont eu le temps de s'enfuir. »

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Sur la convergence des coefficients du développement de la fonction perturbatrice.* Note de M. A. **Féraud**, présentée par M. Poincaré.

« Dans son Mémoire du *Bulletin astronomique de decembre* 1898, M. Poincaré a montré que les coefficients $A_{m,m'}$ et $B_{m,m'}$ du développement de la partie principale de la fonction perturbatrice suivant les sinus et cosinus des multiples des anomalies moyennes ou des anomalies excentriques sont eux-mêmes développables suivant les puissances de l'excentricité et de l'inclinaison. Sauf les valenrs pour lesquelles la distance Δ des deux astres cessera d'être une fonction holomorphe de ces quantités, les valeurs critiques des excentricités et de l'inclinaison ne peuvent être que celles pour lesquelles trois des courbes

(1) $\quad x = 0, \qquad y = 0, \qquad x = \infty, \qquad y = \infty, \qquad F = x^2 y^2 \Delta = 0$

se coupent, ou pour lesquelles deux de ces courbes se touchent, ou pour lesquelles la courbe $F = 0$ présente un point double.

» J'ai appliqué la méthode de M. Poincaré au cas où l'une des orbites est circulaire, l'autre elliptique, et où le grand axe de l'orbite elliptique est perpendiculaire à la ligne des nœuds.

» Supposant l'excentricité de Jupiter nulle, plusieurs petites planètes remplissent sensiblement ces conditions théoriques.

» Le Tableau des éléments des orbites des petites planètes rapportées au plan de l'orbite de Jupiter et à l'équinoxe 1850.0, qui a été donné par M. Jean Mascart, montre, en effet, que l'on a $\varpi - \Omega = 90^\circ$ ou 270°, à $\pm 10^\circ$ près, pour 63 des 417 premières petites planètes. Ce sont celles dont les numéros suivent :

8	13	14	15	21	25	30	37	40	56	67	69
71	72	77	87	93	115	125	127	129	134	137	138
156	163	167	179	183	190	193	198	200	209	223	225
227	231	234	240	242	246	251	276	280	293	303	308
312	318	325	347	356	360	361	369	382	389	393	394
395	407	412									

» Supposons, pour fixer les idées, que l'on étudie les développements par rapport aux puissances de l'excentricité e' de la planète et de sin J.

» Les conditions de la rencontre et du contact des courbes (1) conduisent aux valeurs critiques

(A) $$e'^2 = 1, \qquad \sin^2 J = 1, \qquad \sin^2 J = e'^2.$$

» On remarque que Δ ne change pas lorsqu'on change x en $-x^{-1}$ et y en y^{-1}; on est ainsi conduit à poser

$$x - x^{-1} = X, \qquad y + y^{-1} = Y, \qquad xy^{-1} - yx^{-1} = Z.$$

» Alors $\Delta = 0$ s'écrit

(2) $$\left\{ \begin{aligned} & a^2 + a'^2 (\tfrac{1}{2} Y \sin\varphi' - 1)^2 + \sqrt{-1}\, aa' X \cos J (\tfrac{1}{2} Y - \sin\varphi') \\ & \qquad - \tfrac{1}{2}\sqrt{-1}\, aa' XY \cos\varphi' + \sqrt{-1}\, aa' Z \cos\varphi' = 0. \end{aligned} \right.$$

» Pour exprimer que la courbe $F = 0$ présente un point double, on aura à exprimer que la projection sur le plan des XY de l'intersection de (2) et de

$$X^2 - Y^2 + 4 - XYZ + Z^2 = 0$$

ou bien passe par l'un des points $X = \pm 2\sqrt{-1}$, $Y = \pm 2$, ou bien admet un point double.

» La première condition conduit aux valeurs critiques

(B) $$\pm \sin J = \frac{a^2 - a'^2(1 \pm e')^2}{2\sqrt{-1}\, aa'(1 \pm e')},$$

et la seconde aux valeurs critiques

(C) $$a^2 - a'^2(1 - e'^2)^2 = 0,$$

(D) $$a^2 \sin^4 J - 2e'^2 \sin^2 J [a^2 - 2a'^2(1 - e'^2)^2] + a^2 e'^4 = 0.$$

» Une discussion bien simple montre que, dans le cas des petites planètes, les seules valeurs critiques à retenir sont celles qui sont définies par l'équation (B).

» Pour une petite planète déterminée, on a donc à vérifier si, lorsque e' se déplace dans un cercle ayant pour centre l'origine et pour rayon l'excentricité de la planète, le minimum du module du second membre de (B) reste supérieur à la valeur de $\sin J$ relative à la petite planète. Ce fait se présente pour toutes les petites planètes énumérées, sauf pour 183, 225 et 361. Pour ces dernières, les valeurs de J sont respectivement égales à 25°30′, 21°0′, 12°26′, tandis que les minima des modules des seconds membres de (B), dans les domaines envisagés, font correspondre des angles respectivement égaux à 19°19′, 11°13′ et 4°59′.

» Des conclusions analogues aux précédentes s'appliquent aux développements suivant les puissances de e' et de $\sin^2 \frac{J}{2}$.

» Passons aux développements suivant les puissances de e' et de $\mu = \cos^2 \frac{J}{2}$ et $\nu = \sin^2 \frac{J}{2}$.

» Les seules équations aux valeurs critiques à retenir sont les suivantes

$$(B') \qquad \mu - \nu = \pm \frac{a^2 + a'^2(1 \pm e')^2}{2aa'(1 \pm e')},$$

qui se déduisent immédiatement des équations (B).

» Pour une petite planète déterminée, si, lorsque e' se déplace dans le cercle précédemment considéré, le module du second membre de (B') reste toujours supérieur à l'unité, les développements suivant les puissances de e' et de μ et ν pourront être effectués quel que soit l'angle J, puisque les variables imaginaires μ et ν sont telles que $|\mu| + |\nu| = 1$.

» Ceci a lieu pour les 63 petites planètes précédemment énumérés, et en particulier pour 183, 225 et 361; on a alors pour minima des carrés des modules du second membre de (B') les valeurs respectives 1,110, 1,012, 1,003. »

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Remarques à propos d'un Mémoire de M. Massau sur l'intégration graphique des équations aux dérivées partielles.* Note de M. **J. Coulon**, présentée par M. Jordan.

« M. Maurice Lévy, dans une Remarque [1] au sujet de notre Communication [2] sur les équations aux dérivées partielles et le principe d'Huygens, fait observer que certaines propriétés signalées dans cette Note se trouvent développées, avec des applications, dans un Mémoire de M. Massau publié en 1889. Je ne connaissais point ce travail, que j'ai lu depuis avec intérêt. Mais il nous semble que, malgré la similitude des points de vue, notre Communication en est absolument distincte.

» Tout d'abord, M. Massau ne considère que des fonctions de deux variables. Or, depuis le Mémoire de Riemann sur la propagation des ondes aériennes planes [3], on sait le parti que l'on peut tirer, dans ce

---

[1] *Comptes rendus*, p. 1218; 30 avril 1900.
[2] *Comptes rendus*, p. 1064; 17 avril 1900.
[3] *Œuvres de Riemann*, p. 177-206 de la traduction française par M. Laugel.

cas, des caractéristiques pour l'étude et l'intégration des équations. Les applications dont il a été parlé plus haut ont d'ailleurs des relations étroites avec le problème traité par le célèbre géomètre. L'extension de la méthode aux fonctions de plus de deux variables indépendantes, bien que possible au moins dans certains cas, ne va point sans présenter des difficultés sérieuses. Précisément, notre Note porte sur des fonctions de n variables et prend, comme point de départ, la généralisation des caractéristiques telle que l'a donnée M. Beudon.

» En second lieu, notre but principal était de justifier le principe d'Huygens. On sait que, si les divers points d'une surface d'un milieu élastique sont ébranlés à des instants déterminés, l'onde qui prend naissance s'obtient en prenant les enveloppes des ondes élémentaires obtenues en regardant chaque point comme un centre indépendant de vibrations. Cette construction résulte du mode particulier de génération des surfaces caractéristiques qui correspondent aux équations régissant le mouvement. Nous n'avons rien trouvé, à ce sujet, dans le fascicule publié du Mémoire de M. Massau, et sa théorie de l'intégration, qu'il a restreinte au cas de deux variables, ne fait point prévoir de semblables recherches. »

PHYSIQUE. — *Sur un point remarquable en relation avec le phénomène de Joule et Kelvin.* Note de M. **Daniel Berthelot**, présentée par M. H. Becquerel.

« Il est avantageux, pour discuter certaines questions relatives aux fluides, d'adopter des variables différentes de p, v, T.

» J'ai montré (*Comptes rendus*, 20 et 27 février, 6 mars 1899) que les lignes d'égale pression ou isobares construites en portant en abscisses les températures T, en ordonnées les valeurs de $y = pv$: T jouissent de trois propriétés intéressantes : elles ont connaître la relation qui existe entre le poids moléculaire et la densité du fluide à l'état liquide ou gazeux; elles permettent une comparaison immédiate entre l'échelle des thermomètres à gaz à pression constante et l'échelle thermodynamique; enfin, les maxima et minima de ces courbes donnent les températures d'inversion du phénomène de Joule et Kelvin.

» Ces propriétés sont exactes quelle que soit l'équation $f(p, v, t) = 0$ pourvu qu'elle ne contienne que trois constantes; mais, pour une discussion quantitative, il faut connaître cette équation. J'ai publié (27 février 1899) le diagramme du réseau d'isobares qu'on obtient avec l'équation de Van der Waals et l'ai employé à discuter la première des trois propriétés précédentes. Je me propose aujourd'hui de donner quelques indications sur la dernière.

» L'équation de Van der Waals, en introduisant la variable $y = pv : T$, prend la forme

$$T^3 y^3 - RT^3 y^2 - pbT^2 y^2 + apTy - abp^2 = 0. \quad (1)$$

» Dans le diagramme que j'ai donné, y est porté en ordonnée, T en abscisse. Soit une isobare répondant à une pression $p_1 < p_c$. Une parallèle à Oy répondant à une température $T_1 < T_c$ la coupe en trois points. Soit une autre isobare répondant à la pression p_2 telle que $p_1 < p_2 < p_c$. Coupons-la par la droite T_2 telle que $T_1 < T_2 < T_c$. Les trois points d'intersection se rapprochent. Enfin la droite $T = T_c$ coupe l'isobare $p = p_c$ en trois points d'intersection confondus : l'isobare admet un point d'inflexion avec tangente verticale.

» De même l'isobare $p = 9p_c$ admet un point d'inflexion avec tangente horizontale.

» Pour déterminer les coordonnées de ces deux points remarquables y_c, p_c, T_c et y_b, p_b, T_b, le plus simple est d'écrire que les trois racines de l'équation (1), envisagée comme du troisième degré, en y d'abord, en T ensuite, deviennent égales. On trouve ainsi :

$$y_c = 3:8R \qquad T_c = 8a:27Rb \qquad p_c = a:27b^2 \quad \text{d'où} \quad v_c = 3b$$
$$y_b = 9:8R \qquad T_b = 8a:9Rb \qquad p_b = a:3b^2 \quad \text{d'où} \quad v_b = 3b$$

Donc

$$y_b = 3y_c \qquad T_b = 3T_c \qquad p_b = 9p_c \qquad v_b = v_c$$

» Quel est le sens physique de ces deux points? Le premier est le point critique. Le second est en relation avec l'effet de Joule et Kelvin [1]. A une température donnée, cet effet, pris entre la pression p et la pression zéro, croît d'abord avec p, passe par un maximum, pour une certaine valeur p_m, puis diminue. De même, pour une différence de pression donnée, pourvu qu'elle n'atteigne pas $9p_c$, il y a deux températures T'_m et T''_m où la variation de l'effet Joule et Kelvin change de sens. Pour $p > 9p_c$ le phénomène varie toujours dans le même sens. Les valeurs de p_m ou de T'_m et T''_m sont données, sur le diagramme $(pv : T, y)$, par les points d'intersection des isothermes ou des isobares avec le lieu des minima et maxima des isobares. Ce lieu s'obtient en posant $\frac{dy}{dT} = 0$. Son équation est, en adoptant, pour abréger l'écriture, les coordonnées réduites $\pi = p : p_c$, $\upsilon = v : v_c$, $\theta = T : T_c$ et en posant $\psi = \pi\upsilon : \theta$.

$$(3\psi - 8)[\psi^2\theta^2 + 18(\psi - 6)\theta + 81] = 0 \quad (2)$$

ψ part de 0 pour $\theta = 0,75$, croît avec θ, prend notamment les valeurs $\frac{4}{3}$ pour $\theta = 0,975$ et $\frac{8}{3}$ pour $\theta = \frac{27}{16}$; atteint la valeur maximum 3 pour $\theta = 3$. Ce point est le point d'inflexion signalé plus haut, qui répond à $\pi = 9$. Ensuite θ croissant, ψ décroît et repasse par la valeur $\frac{8}{3}$ pour $\theta = \frac{27}{4}$.

» Si l'on veut obtenir les relations qui correspondent aux points d'inversion du sens

---

(1) Si l'on adopte les coordonnées réduites $\Pi = p : p_b$, $\Upsilon = v : v_b$, $\Theta = T : T_b$, l'équation de Van der Waals prend la forme réduite $(\Pi + 1 : 3\Upsilon^2)(\Upsilon - \frac{1}{3}) = \frac{8}{9}\Theta$.

de l'effet Joule et Kelvin en fonction des variables ordinaires π, υ, θ, il suffit [1] de remplacer dans l'équation (2) ψ par la valeur $\pi\upsilon : \theta$, et d'éliminer soit θ, soit π entre cette équation et l'équation réduite $(\pi + 3 : \upsilon^2)(3\upsilon - 1) = 8\theta$. On trouve ainsi

$$\theta = \frac{27}{4}\left(\frac{\upsilon - \frac{1}{3}}{\upsilon}\right)^2 \qquad \pi = \frac{9}{\upsilon^2}(2\upsilon - 1) \qquad \pi = 27\left(1 - \sqrt{\frac{4}{27}\theta}\right)\left(3\sqrt{\frac{4}{27}\theta} - 1\right).$$

» M. Van der Waals, qui a obtenu récemment ces équations par une voie très différente, au moins dans la forme, de celle que j'ai indiquée, en a donné une discussion détaillée (Académie des Sciences d'Amsterdam, 27 janvier 1900). L'intérêt de cette discussion est surtout théorique, car il n'est guère qu'une seule conséquence qui puisse être comparée aux résultats expérimentaux de Joule et Kelvin : c'est celle d'après laquelle, sous de faibles pressions, tous les gaz au-dessus de la température $6{,}75\,T_c$, se comporteraient comme l'hydrogène, c'est-à-dire se réchaufferaient au lieu de se refroidir. J'ai déjà signalé et discuté ce point (6 mars 1899).

» Une autre vérification intéressante est la suivante : en traçant les isobares expérimentales avec les coordonnés $pv : T$ et T on trouve bien le point d'inflexion prévu par la théorie. Voici les valeurs de $pv : T$ relatives à l'azote tirées des expériences d'Amagat (les pressions sont données en mètres de mercure).

	17°7.	30°1.	50°4.	75°5.	100°3.
260 m	11317	11349	11395	11406	11364
280	11592	11613	11626	11621	11578
300	11868	11877	11874	11851	11793
320	12126	12125	12105	12080	11944

» Le point d'inflexion répond à la pression de 310^{m} de mercure et à la température 40°C.; ce qui, en admettant pour l'azote $p_c = 33^{atm}$ et $t_c = -146$°C., donne environ $p_b = 12p_c$ et $T_b = 2{,}5\,T_c$, au lieu de $9p_c$ et $3T_c$ qu'indique la formule de Van der Waals. La densité paraît être voisine de la densité critique. Pour l'air et l'oxygène, on constate tout aussi nettement l'existence d'un point d'inflexion, mais les isothermes d'Amagat sont trop espacées (0°, 100° et 200°) pour permettre la détermination exacte de p_b et de T_b. »

---

[1] D'après ce qui précède, la méthode la plus directe pour obtenir ces équations est d'adjoindre à l'équation réduite de Van der Waals dans laquelle on regarde π comme constant, l'équation $\frac{\partial\left(\frac{\upsilon}{\theta}\right)}{\partial\theta} = 0$.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur la répartition des courants et des tensions en régime périodique établi le long d'une ligne polyphasée symétrique présentant de la capacité*. Note de M. **Ch.-Eug. Guye**, présentée par M. A. Potier.

« Cette Note a pour but de montrer que le problème de la répartition des courants et des tensions le long d'une ligne polyphasée symétrique peut être ramené à celui d'une ligne monophasée, à la condition de ne considérer que le *régime périodique établi*.

» En effet, il résulte d'une précédente Note ([1]) que le rapport de la charge au potentiel, dans le cas d'un conducteur de ligne polyphasée symétrique, est *constant* et a pour expression :

$$\text{(I)} \qquad \gamma' = \gamma_{1.1} + 2\cos\left(\frac{2\pi}{n}\right)\gamma_{1.2} + \ldots \left[-\gamma_{\left(\frac{n}{2}+1\right)1}\right] = \text{constante},$$

le dernier terme n'étant pris en considération que si n est pair.

» Une démonstration analogue montre que, dans un système de conducteurs parallèles symétriques parcourus par des courants polyphasés, la résultante de toutes les forces électromotrices d'induction électromagnétique qui agissent sur l'un des n conducteurs du système est de la forme $-\mu'\frac{di_1}{dt}$, expression dans laquelle

$$\text{(II)} \quad \mu' = \mu_{1.1} + 2\cos\left(\frac{2\pi}{n}\right)\mu_{1.2} + 2\cos\left(\frac{4\pi}{n}\right)\mu_{1.3} + \ldots\left(-\mu_{1.\frac{n}{2}+1}\right) = \text{const.},$$

$\mu_{1.1}$ désignant le coefficient de self-induction du conducteur considéré, $\mu_{1.2}, \ldots, \mu_{1.n}$ les coefficients d'induction mutuelle de ce conducteur avec les autres, et le dernier terme de l'expression (II) n'étant pris en considération que si n est pair.

» Les formules (I) et (II) permettent de résoudre le problème posé. Il suffit pour cela d'admettre que toutes les tensions et courants tendent (après un temps généralement très court correspondant à l'établissement du régime) à devenir des fonctions périodiques, ne pouvant contenir que des harmoniques de même fréquence que ceux renfermés dans les tensions appliquées (celles des enroulements générateurs, par exemple).

([1]) *Comptes rendus*, séance du 12 mars 1900.

» Si donc les tensions appliquées sont polyphasées, il en résultera (*par raison de symétrie*) que, dans chaque section normale à la direction des conducteurs, les tensions et les courants tendront rapidement à devenir polyphasés. Par conséquent, *en régime périodique établi*, les coefficients γ' et μ' demeureront constants, comme l'indiquent les expressions (I) et (II).

» Ce mode de raisonnement ne s'applique naturellement que dans les limites où la notion des coefficients par unité de longueur peut être acceptée, c'est-à-dire lorsque les tensions appliquées ne sont pas trop rapidement variables.

» Le problème de la répartition des tensions et des courants polyphasés en régime périodique établi se trouve de la sorte ramené à celui d'un conducteur unique, soumis à une tension monophasée et ayant des coefficients de self-induction et de capacité μ' et γ' par unité de longueur.

» Comme il ne s'agit d'étudier que le régime périodique établi, il suffit d'intégrer deux équations différentielles pour chaque harmonique de la tension agissant sur l'un des conducteurs.

» Pour l'harmonique d'ordre k, par exemple, on aurait

$$\frac{d^2 V_k}{dx^2} = \nu^2 V_k, \qquad \frac{d^2 i_k}{dx^2} = \nu^2 i_k$$

avec

$$\nu^2 = k\omega\gamma'(-\mu' + \rho\sqrt{-1}),$$

ρ étant la résistance par unité de longueur du conducteur considéré.

» La solution générale est de la forme

$$y = ae^{+\nu x} + be^{-\nu x}.$$

» Les constantes a et b sont déterminées par les conditions au départ et à l'arrivée. »

ÉLECTRICITÉ. — *Sur la syntonie dans la télégraphie sans fil.* Note de M. A. BLONDEL, présentée par M. A. Cornu.

« Jusqu'ici, on n'a cherché à séparer les signaux de différents postes qu'en établissant une *syntonie* ou résonance entre les *oscillations* électriques de haute fréquence émises par chaque oscillateur électrique et la période d'oscillation propre de l'organe récepteur destiné à recevoir les signaux correspondants. C'est ainsi qu'ont opéré Lodge, Marconi, Tietz, etc.

» Marconi, par exemple, cherche à proportionner la self-induction et la capacité de l'antenne d'émission à celles de l'antenne de réception ou du circuit transformé secondaire sur lequel agit son jigger.

» Cette méthode n'a pas eu de résultats bien probants jusqu'ici, par suite du fait que les oscillations de l'antenne d'émission sont très vite amorties et n'ont pas le temps de donner lieu à l'établissement d'une véritable résonance au poste récepteur. On sait du reste par les expériences de Victor Bjerkness et les théories de M. Poincaré que par suite de cet amortissement excessif, tout récepteur, quelle qu'en soit la période propre, répond aux signaux, sans sélection bien sensible, contrairement à ce qui se produit pour le son avec les résonateurs de Helmholtz. D'ailleurs, le dispositif syntonique de Marconi est d'un réglage difficile, purement empirique, et exige autant d'antennes réceptrices qu'il y a de périodicités différentes pour les signaux à recevoir, puisque chaque antenne ne peut recevoir qu'une périodicité à la fois.

» Le système de Lodge, bien que plus facile à régler, présente des inconvénients analogues et ne se prête pas encore jusqu'à présent à la réalisation de transmissions à grande distance.

» J'ai indiqué, dans un pli cacheté déposé il y a deux ans [1] et dont je prie l'Académie de vouloir bien prendre connaissance si elle le juge utile, un autre procédé de synchronisation qui consiste à accorder ensemble non plus les fréquences des oscillations électriques propres du transmetteur et du récepteur, mais deux fréquences artificielles beaucoup plus basses, tout à fait arbitraires et indépendantes des antennes, à savoir la fréquence des charges de l'antenne et celle des vibrations d'un téléphone sélectif, tel que les monotéléphones de M. Mercadier.

» Je m'exprimais dans les termes suivants :

» *Emploi du téléphone comme appareil récepteur.* — Au lieu d'un relai actionnant un appareil Morse ou une sonnerie, on peut, avec les tubes à vide, employer un téléphone placé en dérivation comme ce relai et traduire directement en lettres les signes Morse reçus. Cette modification qui n'a pas encore été proposée simplifie énormément les appareils, étant donné surtout qu'actuellement la vitesse d'inscription obtenue est très faible à cause du cohéreur; elle augmente beaucoup la sensibilité, car il n'y a pas de relai plus sensible qu'un téléphone. Elle permet enfin de différencier les relais comme on le verra ci-dessous....

» On place en série avec le téléphone, une batterie de piles insuffisante pour rompre seule la résistance du tube à vide, mais suffisante pour produire un courant à chaque passage d'un courant oscillatoire dans le tube. Le téléphone rend alors un son à chaque émission de signal par la station génératrice et ce son est déterminé par le nombre de charges par seconde de l'antenne génératrice.

---

[1] Pli n° 6041 déposé le 16 août 1898 sous le titre : *Perfectionnements à la télégraphie sans fil.*

» A faible distance, les courants de l'antenne réceptrice peuvent être assez forts pour qu'il suffise de placer le téléphone en série avec l'antenne réceptrice sans interposition de tube à vide.

» L'avantage des deux derniers modes d'emploi du téléphone c'est qu'on peut faire varier la hauteur du son par la fréquence des émissions d'ondes à la station génératrice. On peut ainsi différencier très aisément diverses stations d'émission, et même, en employant des téléphones spéciaux qui ne répondent qu'à un son donné, réaliser des récepteurs sélectifs.

» Ces dispositifs pourront rendre des services importants dans une série d'applications où il s'agit plutôt d'émettre des signaux que de faire de la télégraphie. Par exemple, les navires faisant le service entre la France et l'Amérique pourraient adopter des sons très différents suivant qu'ils vont dans un sens ou dans l'autre et avoir des récepteurs accordés sur le son des navires qu'ils risquent de croiser et insensibles à leurs propres signaux, etc.

» Il suffit de maintenir la fréquence de l'interrupteur de la bobine bien constante et égale à la fréquence forte du récepteur.

» Le tube détecteur auquel je faisais allusion était un tube à vide de Geissler, à larges électrodes presque en contact; mais le dispositif n'est en rien modifié par l'emploi d'autres tubes à décohérence spontanée, tels que les cohéreurs à charbon signalés plus récemment par MM. Tommasina, Hughes, etc., et qui sont d'ailleurs bien plus sensibles ([1]).

» L'intérêt théorique de cette méthode réside dans son analogie avec la synchronisation d'un pendule par percussions périodiques, si magistralement étudiée par M. Cornu dans un Mémoire aujourd'hui classique. En effet, chaque groupe d'ondes de haute fréquence, rapidement amortie, agit en bloc comme une simple percussion sur le téléphone à vibrations lentes; celles-ci restent d'ailleurs sensiblement sinusoïdales grâce à l'inertie. On voit qu'il n'y a par conséquent aucune difficulté à appliquer au poste récepteur les dispositifs de télégraphie multiple si ingénieux de M. Mercadier.

» On peut enfin dans le récepteur remplacer l'élasticité mécanique par une élasticité électrique de la manière suivante :

» On monte un tube détecteur en série sur une antenne et l'on relie en dérivation à ses bornes un circuit comprenant le téléphone, avec au besoin une self-induction additionnelle, et la pile, qu'on shunte par un conden-

---

([1]) J'ai du reste prévu cette modification dans un pli plus récent (n° 6206, 30 avril 1900). Il convient de rappeler que l'emploi du téléphone pour déceler les ondes électriques, mais sans emploi de tube détecteur, a déjà été indiqué il y a plusieurs années par M. Colson et par M. Narkévitch Jodko.

sateur. On règle la capacité de celui-ci de façon à réaliser la condition connue

$$\left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 LC = 1,$$

en appelant T la fréquence des charges de l'antenne d'émission; le circuit formé par le tube, le téléphone et le condensateur est alors en résonance, ou plutôt en pseudo-résonance avec le poste d'émission, et l'on peut en tirer parti soit pour sélectionner les signaux avec un téléphone quelconque, soit pour renforcer l'effet sélectif d'un monotéléphone de même fréquence.

» Les circuits récepteurs de fréquences différentes peuvent être montés aux bornes d'un même tube, mais il vaut mieux les monter sur des tubes différents placés sur des antennes distinctes. De cette manière un même poste peut correspondre à la fois avec un nombre quelconque d'autres postes et les signaux échapper à la perception de tout poste non accordé pour les recevoir. »

ÉLECTRICITÉ. — *Communications par télégraphie sans fil à l'aide de radioconducteurs à électrodes polarisées.* Note de M. C. **Tissot**, présentée par M. Lippmann.

« Dans une récente Note ([1]), nous signalions un dispositif destiné à accroître la sensibilité et la stabilité des cohéreurs et à en faciliter le réglage. La pratique du procédé nous a permis d'obtenir des résultats qui paraissent devoir être signalés. Nous avons pu obtenir, en effet, avec de pareils cohéreurs, des communications d'une netteté parfaite à une distance de 33 milles (61^{km}), entre un cuirassé et le phare du Portzic. Pour préciser les conditions de l'expérience et donner une idée de la sensibilité obtenue, j'ajouterai que les antennes du poste d'émission et du poste de réception avaient chacune une hauteur totale de 30^m seulement.

» La bobine employée comme transmetteur était un transformateur Wydts et Rochefort.

» Les communications n'ont pas consisté en la transmission de signaux intermittents, mais bien en l'échange de phrases complètes, télégraphiées en clair et interprétées au Morse par des matelots télégraphistes.

([1]) *Comptes rendus*, 2 avril 1900.

» Ce résultat, qui nous donne la certitude de résoudre, à brève échéance et d'une manière pratique, le problème des communications par télégraphie sans fil entre bâtiments, et entre bâtiments et sémaphores, a été obtenu sans l'emploi d'aucun des dispositifs spéciaux brevetés par M. Marconi.

» A ce point de vue, il paraît déjà intéressant.

» Mais il présente un autre intérêt, car il semble démontrer, d'une manière indiscutable, non certes la supériorité, mais les excellentes qualités des tubes employés.

» Or, ces tubes présentent les particularités suivantes :

» La limaille magnétique, obtenue à l'aide d'une râpe très propre et *aussi peu oxydée que possible*, est aussitôt tamisée et enfermée jusqu'au moment de l'emploi dans des tubes scellés et bien secs.

» Les électrodes qui sont en fer (ou variétés) sont décapées avec soin à la toile émerisée. On fait, immédiatement après le remplissage, le vide dans le radioconducteur et, par surcroît de précaution, on enferme dans une ampoule latérale quelques fragments de *carbure de calcium*. Dans de pareilles conditions, la circonstance que les électrodes et la limaille sont *oxydables* ne paraît devoir jouer qu'un rôle restreint dans le phénomène.

» En fait, l'intérieur du tube étant parfaitement sec, la surface des électrodes et les grains de limaille restent aussi brillants après plusieurs semaines qu'au moment de la fermeture du tube.

» Ces radioconducteurs à électrodes polarisés possèdent la propriété précieuse de présenter, suivant l'heureuse expression de M. Blondel, une tension critique de cohérence variable à volonté par simple variation du champ magnétique.

» On peut, en effet, sans cesser d'obtenir des signaux parfaitement nets, c'est-à-dire en conservant la même sensibilité et une égale facilité de retour, mettre sur le *même tube* des forces électromotrices variant de $0^{\text{volt}},5$ à 4 volts.

» J'ai signalé autrefois à la Société de Physique le fait que les tubes les plus sensibles présentent toujours une légère conductibilité. Le fait, qui, je crois, a été constaté aussi par M. Branly, est très apparent avec les tubes à électrodes polarisés convenablement réglés.

» La résistance d'un pareil tube, sans champ magnétique, dépasse généralement 300000 ohms et atteint parfois 500000 ohms.

» Avec le champ voulu, cette résistance tombe à des valeurs comprises entre 1000 ohms et 2000 ohms seulement.

» Dans les conditions d'emploi, le relais cesse de fonctionner lorsque la

résistance du tube atteint 3000 ohms et fonctionne franchement quand cette résistance tombe au-dessous de 1500 ohms.

» L'action de l'onde fait tomber la résistance du tube à des valeurs d'autant plus faibles que son intensité est plus considérable.

» Pour une action très énergique, c'est-à-dire lorsque le transmetteur est près, la résistance tombe aux environs de 5 ohms; mais, à mesure que le transmetteur s'éloigne, la résistance du tube cohéré croît très rapidement et dépasse bientôt 400 ohms à 500 ohms.

» Aux distances limites, qui ne paraissent pas d'ailleurs avoir été atteintes dans les expériences de communication mentionnées, la résistance tombe seulement à 1500 ohms. Ces résistances, qui sont celles que prend le tube à circuit ouvert (au moment de la cohérence), ne paraissent nullement d'ailleurs conserver les mêmes valeurs lors du fonctionnement normal. L'accroissement brusque d'intensité du courant qui résulte de la chute relative de résistance semble avoir pour effet, entre certaines limites que je me propose de déterminer, d'augmenter encore la chute de résistance, ce qui permet la marche régulière de l'appareil. »

THERMOCHIMIE. — *Sur le bioxyde de calcium anhydre et la constitution de ses hydrates*. Note de M. DE FORCRAND.

« I. Le précipité de bioxyde de calcium hydraté $CaO^2 + 8H^2O$, que j'ai étudié précédemment, peut perdre son eau de cristallisation et donner du bioxyde de calcium anhydre.

» Pour éviter qu'il cède de l'oxygène par l'action de la chaleur, j'ai dû le dessécher à froid, sous cloche, dans le vide, en présence d'anhydride phosphorique.

» L'hydrate que j'ai employé avait pour composition

$$CaO^{2,02} + 7,62\,H^2O,$$

il était en paillettes nacrées. Je l'avais préparé par l'action de $4\,H^2O^2$ diss. sur CaO.

» Au bout de six jours, le bioxyde formait une poudre amorphe, sèche, qui a donné à l'analyse :

Ca pour 100	54,45
O correspondant pour CaO pour 100	21,78
O à l'état de bioxyde pour 100	20,45
H^2O par différence pour 100	3,32

ce qui donne la formule

$$CaO^{1,94} + 0,13\,H^2O,$$

ou

$$0,94\,CaO^2 + 0,06\,CaO^2H^2 + 0,07\,H^2O,$$

soit, très sensiblement, CaO^2 anhydre.

» Je n'ai pas poussé plus loin la déshydratation, le bioxyde ayant déjà perdu des traces d'oxygène à froid.

» J'ai dissous ce composé dans la quantité calculée d'acide chlorhydrique étendu pour la neutralisation exacte.

» En tenant compte de la petite quantité d'hydrate de protoxyde qu'il contient, j'ai trouvé

$$+18^{Cal},930 \text{ pour } CaO^2.$$

» Connaissant la chaleur de dissolution de CaO dans l'acide, et la chaleur de formation de l'eau oxygénée, on peut calculer la réaction

$$CaO \text{ sol.} + O = CaO^2 \text{ sol} \ldots\ldots\ldots \quad +5^{Cal},43.$$

J'avais trouvé précédemment

$$SrO \text{ sol.} + O = SrO^2 \text{ sol} \ldots\ldots\ldots \quad +10,875$$

et M. Berthelot a donné

$$BaO \text{ sol.} + O = BaO^2 \text{ sol} \ldots\ldots\ldots \quad +12,10.$$

» Ainsi, à partir du protoxyde anhydre, la stabilité du bioxyde anhydre augmente lorsque le poids atomique devient plus grand, du calcium au baryum. On sait d'ailleurs que, seul, le bioxyde de baryum peut s'obtenir directement par l'action de l'oxygène libre sur BaO, et encore entre certaines limites de température. La chaux et la strontiane ne se peroxydent pas directement. On comprend encore pourquoi, surtout avec les hydrates de bioxyde de calcium, on ne peut arriver au bioxyde absolument anhydre, car pendant la dernière période de la dessiccation dans le vide l'hydrate perd un peu d'oxygène, la stabilité du bioxyde devenant comparable à celle de l'hydrate. M. Moissan ayant donné la chaleur de formation de la chaux anhydre ($Ca + O = +145^{Cal}$), on peut calculer, à partir des éléments,

$$Ca \text{ sol.} + O^2 \text{ gaz} = CaO^2 \text{ sol} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad +150^{Cal},43$$

nombre qui serait un peu supérieur à celui fourni par

$$SrO^2\,(+142^{Cal},075),$$

si l'on devait maintenir la donnée de Thomsen : $Sr + O = + 131^{Cal},2$, mais qui est probablement très voisin.

» II. Examinons maintenant les deux états d'hydratation successifs : $CaO^2, 2H^2O$ et $CaO^2, 8$ ou $9H^2O$, déjà décrits par Thénard et par Schœne. Pour le composé le plus hydraté, on a

CaO^2 sol. $+ 8H^2O$ liq. (1) $= CaO^2, 8H^2O$ sol	....	$+15^{Cal},636$
CaO^2 sol. $+ 8H^2O$ sol. $= CaO^2, 8H^2O$ sol	....	$+ 4,196$
Soit pour $1 H^2O$ liq. $+ 1^{Cal},954$ et pour $1 H^2O$ sol	......	$+ 0,524$

ces nombres sont très voisins de ceux que donnent les deux autres bioxydes (2). Ils correspondent bien à une déshydratation facile et rapide dans le vide sec.

» Mais si l'on calcule le passage du premier état au second ($2H^2O$ à $8H^2O$), on trouve pour les $6H^2O$ liq. fixés $+17^{Cal},851$, soit pour chaque molécule d'eau $+2^{Cal},975$.

» Ce nombre est plus élevé que $+1^{Cal},954$, ce qui n'est pas admissible. Il en résulterait que la fixation des deux premières molécules d'eau sur CaO^2 sol. *absorberait* $-2^{Cal},215$, tandis que les six dernières molécules *dégageraient* $+15^{Cal},636$.

» Cette conclusion doit être écartée, et l'on doit en conclure que le premier composé $CaO^2, 2H^2O$ n'est pas un véritable hydrate de bioxyde, mais une combinaison d'eau oxygénée et d'hydrate de chaux

$$CaO^2H^2 + H^2O^2,$$

ce qui explique ses propriétés différentes.

» La chaleur de formation de cette combinaison peut même être calculée avec les données que j'ai fait connaître :

$$CaO^2H^2\text{sol.} + H^2O^2\text{diss.} = CaO^2H^2, H^2O^2\text{sol} \ldots \quad + 9^{Cal},815$$

» J'ai expliqué précédemment que ce composé singulier se produit entre $+10°$ et $+16°$ lorsqu'on ajoute l'eau oxygénée à la chaux dissoute sans dépasser la dose de $2H^2O^2$, ou bien en la dépassant, mais en élevant la température à $+20°$, de sorte que le seul véritable hydrate à $8H^2O$ ne se forme qu'avec 3 ou 4 molécules d'eau oxygénée et à température basse.

---

(1) J'admets ici, de préférence, $8H^2O$, les analyses m'ayant donné tantôt un peu plus, tantôt un peu moins de $8H^2O$.

(2) SrO fournit $+2^{Cal},275$ pour $1H^2O$ liq. et $BaO + 1^{Cal},82$ (*Comptes rendus*, t. CXXX, p. 1019).

Il donne alors un dégagement de chaleur supplémentaire de $+17^{Cal},851$, mais qui ne correspond pas à une simple addition de 6 molécules d'eau; en réalité, le travail produit est alors le suivant :

Absorption.

	Cal
Destruction du composé CaO^2H^2,H^2O^2	$-9,815$
Déshydratation de CaO^2H^2	$-15,100$
Total	$-24,915$

Dégagement.

	Cal
Destruction de H^2O^2 diss	$+21,7$
Fixation de O sur CaO sol	$+5,43$
Hydratation de CaO^2 sol	$+15,636$
Total	$+42,766$

» Soit en définitive $+42^{Cal},766 - 24^{Cal},915 = +17^{Cal},851$, sur lesquelles $+15^{Cal},636$ seulement représentent la quantité de chaleur dégagée pour l'hydratation par 8 molécules d'eau, ce qui correspond à un hydrate peu stable.

» Les bioxydes de strontium et de baryum ne présentent pas de complication de ce genre. »

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur quelques propriétés de l'aluminium et sur la préparation de l'hydrogène phosphoré gazeux.* Note de M. **Camille Matignon.**

« La Note communiquée dans la séance précédente par M. H. Fonzes-Diacon (¹) m'engage à publier les résultats suivants qui précisent sur certains points les propriétés de l'aluminium :

» *Oxygène.* — On sait depuis Degousse (1860) que les feuilles d'aluminium battues brûlent à l'air, mais il est plus difficile d'obtenir la combustion vive d'un lingot d'aluminium; pour la réaliser il est nécessaire d'utiliser le chalumeau oxhydrique. J'ai reconnu que la poudre d'aluminium du commerce s'enflamme facilement quand, placée dans une petite coupelle, on la chauffe dans un fort bec de gaz ou mieux à la lampe d'émailleur. La combustion une fois commencée en un point se propage d'elle-même dans l'air ou dans un flacon d'oxygène. Si la poudre a été préalablement débarrassée

(¹) *Comptes rendus*, p. 1314.

des matières grasses qui la souillent superficiellement, on obtient une très belle incandescence, sans production de flamme, observation en parfait accord avec la difficile volatilité de l'aluminium. Dans l'air ou dans l'oxygène souillé d'azote, l'aluminium fixe toujours de l'azote et si l'on reprend par la potasse bouillante le produit de la combustion, on dégage des quantités notables d'ammoniaque. Il se forme donc toujours de l'azoture d'aluminium Al^2Az^2 dont Mallet (¹) a reconnu pour la première fois l'existence dans les produits de la réaction de l'aluminium sur le carbonate de soude à haute température et dans un vase imparfaitement clos.

» *Eau.* — Malgré l'exothermicité considérable de l'alumine, on n'a pu réaliser jusqu'ici, du moins à ma connaissance, une décomposition rapide de la vapeur d'eau par l'aluminium.

» Il suffit cependant, pour la réaliser, de plonger la poudre enflammée en un point, comme je l'ai dit précédemment, dans un ballon rempli de vapeur par le maintien à l'ébullition d'une petite quantité d'eau placée à la partie inférieure. La combustion, plus rapide même que dans l'oxygène, donne lieu à une très belle incandescence et, si l'ébullition est bien régularisée, il est possible de voir en même temps la combustion de l'hydrogène à l'ouverture du col du ballon.

» *Oxyde de carbone et anhydride carbonique.* — Dans ces dernières années MM. Guntz et Masson (²) ont montré que ces deux composés étaient réduits par l'aluminium en présence de son iodure ou, ce qui revient au même, en présence d'iode; la décomposition très rapide se fait avec un dégagement de chaleur considérable. M. Franck (³) a produit la même réduction au bon rouge sans aucun intermédiaire. En procédant comme plus haut j'ai pu réaliser facilement la combustion de la poudre d'aluminium dans des flacons remplis de gaz oxyde de carbone ou anhydride carbonique. Le produit de la combustion contient de petites quantités de carbure.

» *Oxydes d'azote.* — La poudre d'aluminium brûle également dans les oxydes azoteux, azotique, dans la vapeur de peroxyde d'azote, dans le mélange de vapeurs nitreuses obtenu par l'ébullition de l'acide nitrique. A côté de l'aluminium, on reconnaît dans le produit de la combustion des quantités notables d'azoture.

» *Acide formique.* — L'aluminium s'empare aussi de l'oxygène de l'acide formique avec une vive incandescence; l'expérience se fait comme avec la vapeur d'eau, il y a mise en liberté d'hydrogène et de carbone

$$3\,HCO^2H + 2\,Al^2 = 2\,Al^2O^3 + 3\,H^2 + 3\,C.$$

» En outre, il paraît se former des traces de carbure d'aluminium. L'acide acétique n'a rien donné dans les mêmes conditions.

» *Anhydride sulfureux, sulfure de carbone.* — La poudre d'aluminium, enflammée en un point, brûle dans les deux composés; le gaz sulfureux est absorbé intégralement avec formation d'alumine et de sulfure d'aluminium; le sulfure de carbone laisse un résidu de charbon et de sulfure où je n'ai pu manifester la présence du carbure d'aluminium.

(¹) *Annalen der Chemie und Pharm.*, t. CLXXXVI, p. 155.

(²) *Comptes rendus*, t. CXXIV, p. 187.

(³) *Chemiker Zeitung*, p. 243; 1898.

» *Éléments halogènes et hydracides correspondants.* — Le même mode opératoire permet de mettre facilement en évidence dans un cours les réactions bien connues de l'aluminium sur le chlore, le brome, l'iode et leurs hydracides.

» *Chlorures métalloïdiques.* — J'ai de même réalisé avec une vive incandescence la décomposition par la poudre d'aluminium des vapeurs des différents chlorures de phosphore, arsenic, antimoine, soufre.

» *Phosphore, arsenic, antimoine, soufre, sélénium.* — Mes expériences confirment entièrement les résultats annoncés par M. Fonzes-Diacon; m'inspirant de l'artifice employé par M. Goldschmidt pour provoquer la réaction dans la réduction des oxydes par l'aluminium, j'ai obtenu, avec l'aide de M. Vernier, des résultats semblables à ceux de M. Fonzes-Diacon et par un mode opératoire tout à fait identique au sien. Je n'ajouterai donc ici que quelques renseignements complémentaires.

» Le phosphure obtenu par l'union directe du phosphore rouge bien sec avec la poudre d'aluminium se présente au microscope en petits cristaux d'aspect gras, dont la teinte est un peu plus foncée que celle du soufre. M. Hautefeuille, qui a eu l'extrême obligeance de l'examiner, a constaté sa parfaite homogénéité et a reconnu qu'il était nettement *cristallisé*.

» Voici comment j'utilise le phosphure d'aluminium pour préparer l'hydrogène phosphoré. Il est placé avec de l'eau dans un flacon à hydrogène dont la tubulure centrale porte un tube à brome rempli d'acide sulfurique. L'eau attaque déjà le phosphure à la température ordinaire, mais la présence de traces d'acide active cette décomposition. On laisse couler dans l'eau quelques gouttes d'acide sulfurique étendu, le dégagement devient abondant et régulier. On peut d'ailleurs l'activer, s'il est nécessaire, par de nouvelles additions d'acide. Il ne faut point remplacer l'acide sulfurique par l'acide chlorhydrique, qui attaquerait rapidement l'aluminium en excès pour fournir abondamment de l'hydrogène; avec l'acide sulfurique très étendu, cette attaque est pratiquement nulle.

» J'ai analysé le gaz et reconnu sa pureté. Des volumes gazeux compris entre 20^{cc} et 30^{cc} n'ont laissé, après absorption par le chlorure cuivreux chlorhydrique, qu'une bulle gazeuse d'un volume insignifiant.

» Les réactions du soufre, du sélénium, du phosphore, de l'arsenic, de l'antimoine sur la poudre d'aluminium sont de véritables réactions explosives; en effet, elles sont fortement exothermiques; leur vitesse de propagation est très grande et elles mettent en jeu une substance gazeuse, la vapeur de phosphore, d'arsenic, etc. Une certaine fraction de la matière est toujours projetée en dehors du creuset; aussi il y a intérêt, quand on veut obtenir des quantités notables de ces combinaisons métalloïdiques, à fractionner la préparation. Le départ d'une portion du métalloïde sous

forme de vapeur entraîne un excès d'aluminium, qui est sans inconvénient quand on prépare le sulfure ou le séléniure. Ces deux combinaisons sont facilement fusibles, de sorte que l'aluminium se réunit en un culot isolé à la partie inférieure du composé rigoureusement pur.

» Ces méthodes de préparation directe sont très rapides et très élégantes; il est facile, par exemple, de préparer dans un temps très court des quantités considérables de gaz phosphoré pur à partir du phosphore pur.

» On peut remarquer que, grâce au faible équivalent de l'aluminium (18 pour une substitution divalente), il suffit de faire intervenir de petites quantités de ce corps intermédiaire pour préparer des quantités considérables de ces hydrures métalloïdiques.

» Le mélange poudre d'aluminium et phosphore rouge détone sous l'effet d'un choc violent fer sur fer, il faut donc effectuer le mélange des poudres en évitant des chocs très violents; les autres mélanges peuvent être maniés sans le moindre danger.

» J'ai étendu quelques-unes des recherches précédentes à la poudre de magnésium et au manganèse en poudre.

» En résumé, les faits précédents mettent bien en évidence l'activité chimique considérable de l'aluminium (¹), activité qui cadre parfaitement aujourd'hui avec les prévisions thermiques. »

CHIMIE MINÉRALE. — *Combinaisons du bromure de lithium avec le gaz ammoniac* (²). Note de M. J. BONNEFOI.

« Comme le chlorure de lithium (³), le bromure, rigoureusement pur et sec, absorbe le gaz ammoniac et forme avec lui quatre composés qui sont extrêmement déliquescents.

» I. $LiBr + AzH^3$. — Il se produit, si l'on fait passer le gaz ammoniac sur le bromure du lithium au-dessus de $+95^\circ$, ou si l'on décompose à cette température les

(¹) Plusieurs des expériences précédentes ont été faites publiquement cet hiver, dans mes Leçons sur l'aluminium.

(²) Institut de Chimie de l'Université de Montpellier.

(³) *Comptes rendus*, t. CXXIV, p. 771, et t. CXXVII, p. 367.

combinaisons suivantes. Il forme une masse de cristaux incolores plus volumineuse que le bromure de lithium [1].

» Sa chaleur de dissolution dans l'eau (6^{lit}) à $+15°$ est de $+6^{Cal},857$. La chaleur de dissolution du LiBr anhydre, trouvée par M. A. Bodisko [2], est de $+11^{Cal},35$, ainsi que je l'ai vérifié vers $+14°$.

» On déduit de ces deux nombres (et de la chaleur de dissolution de AzH^3 gaz : $+8^{Cal},80$) :

$$\text{Li Br sol.} + \text{AzH}^3 \text{ gaz} = \text{Li Br, Az H}^3 \text{ sol} \ldots\ldots \quad +13^{Cal},293$$

nombre plus élevé que celui donné par LiCl, AzH^3 : $+11^{Cal},842$ et voisin de ceux fournis par LiCl, CH^5Az ($+13^{Cal},820$) et LiCl, C^2H^7Az ($+13^{Cal},834$).

» Les tensions de dissociation s'établissent très lentement. Voici deux des nombres de la courbe :

$+95°,5$	730^{mm}
$+97°,5$	806^{mm}

en leur appliquant la formule de Clapeyron, on trouverait $+13^{Cal},379$ pour la chaleur de formation.

» II. $LiBr + 2AzH^3$. — Ce composé se produit entre $+87°$ et $+95°$ par l'action directe, ou bien en décomposant par la chaleur les combinaisons suivantes entre ces limites de température :

$$\text{Chaleur de dissolution } (8^{lit}) \text{ à } +8° \ldots\ldots \quad +3^{Cal},013$$

On en déduit

$$\text{Li Br sol.} + 2\text{Az H}^3 \text{ gaz} = \text{Li Br, 2Az H}^3 \text{ sol} \ldots\ldots \quad +25^{Cal},937$$

et

$$\text{Li Br, Az H}^3 \text{ sol.} + \text{Az H}^3 \text{ gaz} = \text{Li Br, 2Az H}^3 \text{ sol} \ldots\ldots \quad +12^{Cal},644$$

» Ce dernier nombre est supérieur à tous ceux que j'ai obtenus pour les réactions analogues avec LiCl (AzH^3 : $+11,517$; CH^5Az : $+12,06$; C^2H^7Az : $+10,983$).

» Les tensions de dissociation sont :

à $+85°$	665^{mm}
à $+90°$	847^{mm}

ce qui donnerait, en appliquant la formule de Clapeyron, $+12^{Cal},447$ pour la fixation de la seconde molécule de AzH^3.

---

[1] Au-dessus de $+97°$, ce composé ammoniacal fond et reste liquide jusqu'à $170°$; il abandonne entre $+170°$ et $+180°$ tout l'ammoniac fixé, en donnant le poids de bromure initial.

Lorsqu'il est à l'état liquide et qu'on le laisse refroidir, il devient sirupeux et reste dans cet état à froid, contenant seulement quelques cristaux de bromure provenant de la décomposition d'un peu de bromure ammoniacal. Dans cet état spécial, sa chaleur de dissolution est de $+6^{Cal},961$ à $+14°$.

[2] *Berichte*, p. 219; 1889.

» III. $LiBr + 3AzH^3$. — Plus volumineux que les précédents, il se produit de la même manière entre $+71°,5$ et $+87°$.

» Chaleur de dissolution (10^{lit}), vers $+10°$: $+0^{Cal},287$, d'où l'on déduit :

$$LiBr\ sol. + 3AzH^3\ gaz = LiBr, 3AzH^3\ sol. \ldots \quad +37^{Cal},463$$

et

$$LiBr, 2AzH^3\ sol. + AzH^3\ gaz = LiBr, 3AzH^3\ sol. \ldots \quad +11^{Cal},526$$

» Ce dernier nombre est encore supérieur à ceux fournis par

$$LiCl(AzH^3 : +11,097 ; CH^5Az : +10,810 ; C^2H^7Az : +10,570).$$

» Les tensions de dissociation sont :

à $+67°$ .... 636^{mm}
à $+71°,8$ .... 807^{mm}

ce qui conduit, en appliquant la formule de Clapeyron, à $+11^{Cal},510$ pour la fixation de la troisième molécule d'AzH^3.

» IV. $LiBr + 4AzH^3$. — C'est un composé blanc, poreux, très volumineux. Il est saturé et je n'ai pu obtenir de combinaison plus ammoniacale, même en employant AzH^3 liquéfié. On l'obtient très rapidement dans un mélange réfrigérant vers $-18°$.

Chaleur de dissolution (12^{lit}) vers $+8°$ .... $-1^{Cal},548$

d'où l'on déduit

$$LiBr\ sol. + 4AzH^3\ gaz. = LiBr, 4AzH^3\ sol. \ldots \quad +48^{Cal},098$$

et

$$LiBr, 3AzH^3\ sol. + AzH^3\ gaz. = LiBr, 4AzH^3\ sol. \ldots \quad +10^{Cal},635$$

tandis qu'avec LiCl j'avais trouvé seulement $+8^{Cal},879$ pour cette dernière réaction.

» Les tensions de dissociation sont :

à $+56°$ .... 681^{mm}
$+58°,3$ .... 760^{mm}

ce qui donnerait, avec la formule de Clapeyron, $+10^{Cal},569$. L'accord avec les données thermochimiques directes est donc très satisfaisant dans tous les cas.

» En résumé, les quatre molécules d'ammoniaque fixées successivement sur LiBr dégagent :

	Cal	
La première	+13,293	Soit au total :
La seconde	+12,644	$+48^{Cal},098$,
La troisième	+11,526	
La quatrième	+10,635	

nombres toujours supérieurs à ceux que donnent le chlorure de lithium et l'ammoniac, bien que du même ordre de grandeur.

» La variation d'entropie $\frac{Q}{T}$ [1] aurait les valeurs suivantes :

pour LiBr, AzH^3	0,036
LiBr, $2AzH^3$	0,034
LiBr, $3AzH^3$	0,033
LiBr, $4AzH^3$	0,032

assez voisines de celles données par les divers chlorures ammoniacaux et aussi par les combinaisons du chlorure de lithium avec CH^5Az et C^2H^3Az (de 0,031 à 0,036). »

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur deux polysulfures de plomb et de cuivre.* Note de M. **F. Bodroux**, présentée par M. Troost.

« Quand on verse dans une solution étendue d'un sel de plomb ou de cuivre du polysulfure de calcium, il se forme un volumineux précipité dont la couleur varie avec la nature du métal. Quoique la solution de polysulfure de calcium ne soit pas une solution de composition bien définie, les corps qui prennent ainsi naissance, malgré leur peu de stabilité, présentent à l'analyse une composition centésimale à peu près constante.

» Pour isoler les propriétés de ces réactions, j'ai opéré de la manière suivante :

» Dans la solution au centième du sel métallique (nitrate de plomb, acétate de cuivre) préalablement refroidie à 0°, je versais une solution étendue de polysulfure de calcium, choisie de manière que le sel métallique fût toujours en excès. Le précipité qui se forme, recueilli sur un filtre, après plusieurs lavages à l'eau glacée et à l'alcool, était agité pendant quelques instants avec un excès de sulfure de carbone pour enlever le soufre mélangé au produit. Après filtration rapide à la trompe, je lavais avec du sulfure de carbone froid jusqu'au moment où les portions de ce liquide ayant servi au lavage ne laissaient plus de résidu solide après évaporation. Le polysulfure restant était recueilli et desséché à basse température dans le vide sur SO^4H^2.

---

[1] Voir le Mémoire de M. Matignon (*Comptes rendus*, t. CXXVIII, p. 103).

» Les corps ainsi obtenus ont donné à l'analyse les résultats suivants :

Sulfure de plomb.

	I.	II.	III.	Calculé pour PbS^5.
Pb..................	57,3	56,8	56,9	56,5
S...................	42,6	43,1	»	43,5

Sulfure de cuivre.

	I.	II.	Calculé pour Cu^2S^5.
Cu....................	44,9	45,1	44,3
S....................	56,2	55,8	55,7

» Le polysulfure de plomb PbS^5 est un précipité rouge pourpre, qui ne conserve son aspect qu'à basse température. Au-dessus de 10°, en effet, il se décompose rapidement en monosulfure de plomb et en soufre.

» Le polysulfure de cuivre Cu^2S^5 est un précipité rouge brun, stable à la température ordinaire, mais qui, au bout de quelques jours, se décompose en monosulfure et en soufre. Une faible élévation de température suffit pour déterminer rapidement ce dédoublement.

» Ces deux polysulfures sont insolubles dans les sulfures alcalins. L'acide nitrique les décompose rapidement à froid en mettant du soufre en liberté et en donnant naissance à l'azotate du métal. »

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur un chlorosulfure de mercure.* Note de M. F. **Bodroux**, présentée par M. Troost.

« On obtient une réaction tout à fait différente de celle indiquée dans la précédente Note quand on fait agir le polysulfure de calcium sur un excès d'une solution saturée et froide de chlorure mercurique. Il se forme un précipité jaune dont la coloration s'affaiblit graduellement. Pour purifier ce composé, je l'ai recueilli sur un filtre, lavé à l'eau, séché sur du papier buvard, puis agité pendant quelques instants avec un excès de sulfure de carbone qui enlève le soufre libre qu'il peut contenir. Après filtration, je l'ai séché d'abord sur du papier, puis dans l'étuve à 100°.

» J'ai ainsi obtenu une poudre blanche. Celle-ci, fortement chauffée dans un tube à essai, se décompose en mettant en liberté du soufre et du chlorure mercurique qui se subliment dans les parties froides du tube.

Cette réaction montre que le produit qui a pris naissance est un chlorosulfure de mercure.

» On en connaît un, découvert par Henri Rose et qui, présentant les mêmes caractères physiques que le corps décrit plus haut, répond à la formule $2HgS, HgCl^2$.

» La composition centésimale est :

S..... 8,5 %, Cl..... 9,5 %, Hg.... 82 %.

J'ai fait l'analyse du produit obtenu et j'ai trouvé les nombres suivants :

	I.	II.
S..............................	18,4	18,9
Cl..............................	7,8	8,9
Hg..............................	71,3	71,5

Ces résultats montrent bien que je n'ai pas affaire au chlorosulfure de Rose; ils correspondent au composé

$$Hg^2S^5, HgCl^2,$$

pour lequel, en effet, on a :

S.... 19,4 %, Cl.... 8,5 %, Hg... 72,1 %.

» *Propriétés.* — Ce chlorosulfure est très stable à la température ordinaire, mais il s'altère superficiellement lorsqu'il est exposé pendant plusieurs jours à l'action de la lumière. Il est insoluble dans les sulfures alcalins et les alcalis qui le noircissent en le décomposant. L'acide nitrique même fumant est sans action sur lui à froid; mais, lorsqu'on le met en contact avec une solution concentrée et alcaline d'hypobromite de sodium, il est complètement détruit. Le soufre du chlorosulfure est transformé en sulfate qui reste en solution dans la liqueur, et le mercure est précipité à l'état d'oxyde mercurique. »

CHIMIE MINÉRALE. — *Action de l'eau sur le sulfate mercureux.* Note de M. Gouy.

« Le sulfate mercureux joue un rôle important dans les piles étalons, et, à ce titre, intéresse les physiciens. Sa décomposition par l'eau et la formation de sulfate mercureux basique avaient été peu étudiées; j'ai fait quelques recherches pour combler cette lacune.

» Le sel, exempt de sulfate mercurique et d'acide libre et réduit en poudre fine, jaunit dès qu'on l'agite avec de l'eau distillée froide. Si l'on renouvelle l'eau, la coloration s'accentue; elle rappelle celle du sulfate mercurique basique, mais avec une nuance verdâtre bien marquée; finalement, il reste du sulfate mercureux basique presque insoluble.

» L'eau de lavage contient un sel mercureux, mais avec plus d'acide que le comporterait la simple solution de Hg^2SO^4. Je citerai la série suivante, où 10^gr de sel étaient traités par $\frac{1}{2}$ litre d'eau, en agitant mécaniquement pendant quelques heures, à des températures de 15° à 20°. Le Tableau donne en grammes par litre la teneur des divers lavages.

Numéro d'ordre.	Hg.	SO^3.
1	0,465	0,176
3	0,430	0,170
5	0,435	0,166
6	0,410	0,163
8	0,415	0,160
9	0,425	0,157
10	0,410	0,160
11	0,395	0,152
12	0,345	0,127
13	0,185	0,073
14	0,047	0,007
15	0,037	0,005
16	0,033	0,003
17	0,036	0,005

» Malgré quelques irrégularités, l'allure générale du phénomène est manifeste; tant qu'il reste du sel neutre non décomposé, la solution contient sensiblement 0^gr,4 de Hg et 0^gr,16 de SO^3 par litre; au douzième et au treizième lavage se termine l'hydrolyse; après cela, le sel basique étant pur, l'eau ne contient plus que les minimes quantités de matière qui correspondent à sa faible solubilité.

» Il en résulte que l'eau acidulée sulfurique à la teneur de 0^gr,08 par litre n'altère pas le sel neutre, car, dans la solution qui se forme alors, le surplus de l'acide est au mercure dissous dans le rapport 1 : 5 qui caractérise Hg^2SO^4. Au-dessus de cette limite de 0^gr,08, l'eau acidulée reforme du sulfate neutre aux dépens du sel basique, si celui-ci existait. J'ai trouvé en effet qu'en prenant une eau acidulée de richesse supérieure (0^gr,3 par litre), le liquide contient finalement 0^gr,410 de Hg et 0^gr,164 de SO^3 par

litre, ce qui est sa composition normale. Il y a donc bien un état d'équilibre, comme dans les cas analogues. On sait, en particulier, que pour le sulfate mercurique cet équilibre correspond à 67^{gr} de SO^3 par litre ([1]), au lieu de $0^{gr},08$ dans le cas actuel.

» L'expérience réussit de même à 60°; l'eau de lavage contient alors $0^{gr},52$ de Hg et $0^{gr},20$ de SO^3, soit $0^{gr},10$ d'acide pour la richesse limite. A l'ébullition, le sel basique se décompose en partie avec formation de composés mercuriques.

» Le sulfate mercureux basique ainsi obtenu à 20° ou à 60° est une poudre jaune vert, soluble dans 25000 parties d'eau à 20°, qui a pour formule Hg^2O, Hg^2SO^4, H^2O, quand on l'a séché à froid, ou à 100° pendant quelques heures ([2]). Il s'altère à la longue à 100°, et rapidement à 130°, en prenant une teinte beaucoup plus sombre, puis, à des températures supérieures, il noircit et donne ensuite du bioxyde de mercure.

» Le sulfate mercureux basique, en présence d'un excès d'acide sulfurique très étendu (acide déci-normal, par exemple), blanchit aussitôt en donnant le sulfate *mercureux* ordinaire; ces caractères le distinguent nettement du sulfate mercurique basique.

» Il résulte de ce qui précède que, pour laver à froid le sulfate mercureux, le mieux est d'employer de l'acide sulfurique étendu à $\frac{1}{10000}$, qui ne peut décomposer le sel pur; si celui-ci jaunit, c'est qu'il contient du sulfate mercurique.

» Au point de vue des éléments étalons, il était utile de rechercher comment se comportent les solutions saturées de $ZnSO^4$ et de $CdSO^4$, employées au lieu d'eau pure, en présence du sulfate mercureux. Après précipitation du mercure par NaCl, j'ai constaté que la liqueur est sensi-

---

([1]) A. Ditte, *Annales de l'École Normale*, t. V, p. 83; 1876.

([2]) Voici les analyses faites sur ce sel basique :

	Calculé, pour 100 parties.	Sel préparé à 20° séché à froid.	Sel préparé à 20° séché à 100°.	Sel préparé à 60° séché à 100°.
Hg.....	86,0	85,0	85,8	85,3
SO^3....	8,6	8,9	9,0	9,0

Ces analyses, comme celles des eaux de lavage, étaient faites en déposant Hg par électrolyse, en titrant ensuite SO^3 dans le liquide restant, qui ne contenait aucune autre substance. Le déficit de 2 pour 100 environ que l'on constate en additionnant les poids de Hg^2O et de SO^3 me paraît indiquer l'existence de H^2O, que je n'ai pu doser directement.

blement neutre (en prenant comme indicateurs l'hélianthine Poirrier ou le rouge Congo). Bien que la sensibilité de ces réactifs soit ici moindre qu'avec l'eau pure, il en résulte que la décomposition du sulfate mercureux est beaucoup moindre qu'avec l'eau. La solubilité est au contraire plus grande, les quantités de Hg par litre étant de $0^{gr},8$ avec $ZnSO^4$ et de $1^{gr},1$ avec $CdSO^4$, vers 20°. Les sels contenant des sulfates basiques de zinc ou de cadmium noircissent et décomposent le sulfate mercureux, et doivent être absolument évités dans les éléments étalons. »

CHIMIE ORGANIQUE. — *Synthèse partielle de l'érythrite gauche.* Note de M. L. Maquenne.

« En 1893, Wohl a montré que les nitriles qui se forment dans la déshydratation des glucosoximes perdent, sous l'action des bases, les éléments de l'acide cyanhydrique et se changent ainsi en sucres aldéhydiques, homologues inférieurs de ceux d'où l'on était parti.

» Cette importante réaction a été utilisée par l'auteur à la préparation du *d*-arabinose ([1]) et à celle de l'érythrose gauche dérivé de l'érythrite ordinaire ([2]). M. Em. Fischer s'en est servi pour transformer le rhamnose en méthyltétrose, ce qui lui a permis de fixer la structure moléculaire des acides tartriques actifs ([3]); enfin, en l'appliquant au *l*-xylose ou sucre de bois, elle nous a fourni le tétroaldose immédiatement inférieur, et, par suite, l'érythrite dissymétrique correspondant à l'acide tartrique gauche, dont la structure répond, suivant la notation dont je fais usage pour distinguer les stéréoisomères ([4]), au schéma $1\frac{3}{2}4$.

» Dans cette Note préliminaire, je ne ferai qu'indiquer succinctement les corps nouveaux qui ont été obtenus au cours de ce travail, ainsi que les principales propriétés qui caractérisent la *l*-érythrite.

» *Xylosoxime.* — On l'obtient par le procédé de Wohl, en traitant le xylose en poudre par une solution alcoolique concentrée d'hydroxylamine. Ce corps est visqueux à froid, semi-fluide à 100°, et paraît incristallisable; il est soluble en toutes propor-

---

([1]) *Berichte*, t. XXVI, p. 730.
([2]) *Ibid.*, t. XXXII, p. 3666.
([3]) *Ibid.*, t. XXIX, p. 1377.
([4]) *Les sucres*, p. 14.

tions dans l'eau et très soluble même dans l'alcool fort, d'où l'éther le précipite à l'état sirupeux.

» *Nitrile acétylxylonique.* — Ce composé prend naissance, comme le nitrile tétracétylarabonique de Wohl, lorsqu'on chauffe l'oxime précédente avec cinq fois son poids d'anhydride acétique et un peu d'acétate de sodium sec.

» Le nitrile acétylxylonique se présente sous la forme de paillettes blanches ou légèrement jaunâtres, qui fondent à 81°,5; très soluble dans l'alcool, il se dissout à peine dans l'eau froide et fond dans l'eau bouillante en prenant l'aspect d'une huile dense qui cristallise de nouveau par le refroidissement.

» 100gr de xylose en donnent environ 86gr, ce qui correspond, en admettant que ce corps est isomère du nitrile acétylarabonique, aux 0,41 de la théorie.

» *l-Érythrose-acétamide.* — Pour préparer cette substance, qui correspond à l'arabinose-acétamide de Wohl, on évapore sur le bain-marie, jusqu'à consistance sirupeuse, une dissolution de nitrile acétylxylonique dans douze fois son poids d'ammoniaque ordinaire; le résidu cristallise par le repos dans l'espace de quelques heures.

» L'intervention des sels d'argent, préconisée par Wohl, est complètement inutile, l'acide cyanhydrique se séparant de lui-même à l'état de cyanure d'ammonium volatil.

» L'érythrose-acétamide cristallise sous la forme de prismes incolores, fusibles à 166°, très solubles dans l'eau froide, quoique non déliquescents, très peu solubles dans l'alcool et tout à fait insolubles dans l'éther.

» Le rendement est égal à 30 pour 100 environ, par rapport au nitrile acétylxylonique, ce qui équivaut à 25 pour 100 du poids du xylose primitif [1].

» *l-Érythrite.* — Pour l'obtenir, on commence par hydrolyser l'érythrose-acétamide au moyen de l'acide sulfurique étendu, puis on sature par la soude et l'on concentre dans le vide. La solution de *l*-érythrose qui se forme ainsi est alors réduite par l'amalgame de sodium, en milieu légèrement acide, pour éviter l'action isomérisante d'un excès d'alcali. Aussitôt que le mélange cesse de réduire la liqueur de Fehling, on neutralise exactement, on concentre, on reprend par l'alcool qui sépare les sulfates de sodium et d'ammonium formés, on évapore à nouveau, on reprend une dernière fois le résidu sirupeux par quatre ou cinq fois son volume d'alcool absolu, on sature d'acide chlorhydrique gazeux et l'on ajoute un léger excès d'aldéhyde benzoïque qui précipite instantanément l'érythrite à l'état d'acétal insoluble.

» Après vingt-quatre heures, on essore la masse et, après lavage, on hydrolyse le produit par ébullition avec 10 parties d'alcool additionné de 4 pour 100 environ d'acide sulfurique.

» Lorsque l'acétal est complètement dissous on chasse l'alcool et l'aldéhyde

---

[1] L'érythrose-acétamide, ainsi que le nitrile acétylxylonique et le xylose d'où dérivent ces deux corps, ont été préparés sur mes indications par M. Dhommée, licencié ès sciences, à qui j'avais proposé ce travail comme sujet de thèse, dans mon laboratoire; ils n'ont pas été analysés.

benzoïque par un courant de vapeur, on neutralise par la craie, on évapore et l'on reprend par l'alcool. Cette dernière solution, suffisamment concentrée, dépose bientôt des cristaux de *l*-érythrite pure.

» Le rendement est d'environ 6 pour 100, par rapport au xylose employé, soit 7 à 8 pour 100 de la théorie.

» La *l*-érythrite cristallise dans l'alcool sous la forme de fines aiguilles brillantes et dans l'eau sous la forme de prismes volumineux, d'une transparence parfaite.

» Extrêmement soluble dans l'eau, même à froid, elle se dissout avec facilité dans l'alcool absolu bouillant, qui l'abandonne à l'état cristallisé par refroidissement. Elle n'est pas hygrométrique.

» La *l*-érythrite fond nettement à 88°; son pouvoir rotatoire $[\alpha]_D$, en solution aqueuse à 6 pour 100, a été trouvé égal à $+4°,3$; en solution alcoolique à 1,5 pour 100, il change de signe et prend une valeur voisine de $-15°$.

» L'essai cryoscopique, effectué par M. Dhommée sur une solution aqueuse à 6 pour 100, a donné un abaissement du point de congélation égal à 0°,90, ce qui conduit au poids moléculaire 121, sensiblement identique à celui de l'érythrite naturelle.

» Enfin l'analyse a fourni les nombres suivants :

	Trouvé.	Calculé pour $C^4H^{10}O^4$.
Carbone........................	39,20	39,34
Hydrogène......................	8,18	8,20

» Ces résultats, qui ne sauraient laisser aucun doute sur la nature du produit que nous venons de décrire, concordent exactement, sauf le sens du pouvoir rotatoire, avec ceux que M. Bertrand a obtenus dans son étude si intéressante des produits d'hydrogénation de l'érythrulose ou érythrocétose.

» Les deux nouvelles tétrites représentent donc les deux antipodes de l'érythrite active, que la théorie faisait prévoir, mais que l'expérience n'avait pas encore permis de préparer. Leur structure stéréochimique se trouve établie, directement pour l'une, indirectement pour l'autre, par leurs rapports avec le xylose ordinaire, que l'on sait appartenir à la série gauche, telle que l'a définie E. Fischer.

» L'étude détaillée de la *l*-érythrite, ainsi que celle des corps intermédiaires dont nous avons parlé plus haut, fera l'objet d'un Mémoire ultérieur. »

CHIMIE ORGANIQUE. — *Préparation des anthraquinones dialcoylamido-dichlorées* (¹). Note de M. E.-C. SEVERIN.

« L'acide diméthylamidobenzoylbenzoïque dichloré déjà décrit (²) a été transformé en *benzylbenzoïque* par simple réduction au moyen du zinc en grenailles et de l'acide chlorhydrique.

» L'opération se fait dans les conditions qui ont été recommandées par MM. Haller et Guyot pour les acides dialcoylamidobenzoylbenzoïques.

» On filtre à froid le chlorure de zinc formé, on traite le résidu par le carbonate de soude et l'on sursature d'acide acétique, ou mieux d'acide tartrique. Le rendement est de 30 pour 100.

» *L'acide diméthylamidobenzylbenzoïque dichloré*

$$\mathrm{C^6H^2Cl^2}\begin{cases}-\mathrm{CH^2}-\mathrm{C^6H^4Az}\begin{cases}\mathrm{CH^3}\\\mathrm{CH^3}\end{cases}\\-\mathrm{COOH}\end{cases}$$

est un corps blanc qui jaunit un peu à l'air, cristallise très difficilement dans l'alcool méthylique; soluble dans tous les dissolvants ordinaires, il est très incomplètement précipité par les acides de sa dissolution de sel de soude. L'acide fond à 233°.

» *Acide diéthylamidobenzylbenzoïque dichloré*

$$\mathrm{C^6H^2Cl^2}\begin{cases}-\mathrm{CH^2}-\mathrm{C^6H^4Az}\begin{cases}\mathrm{C^2H^5}\\\mathrm{C^2H^5}\end{cases}\\-\mathrm{COOH}.\end{cases}$$

» Cet acide se prépare comme son homologue, mais le rendement est moins bon et la réduction doit être continuée plus longtemps que pour le dérivé diméthylé. Cela tient en partie à l'insolubilité des acides non réduits dans l'acide chlorhydrique. Dans l'espoir d'avoir un meilleur rendement nous avons modifié la manière d'opérer en dissolvant d'abord notre acide dans l'acide acétique cristallisable, ajoutant ensuite un mélange en volumes égaux d'acide chlorhydrique et d'eau et ensuite continuant la réduction en liqueur chlorhydrique comme plus haut. Dans ces conditions, la réduction marche plus vite et le rendement monte à 40 ou 50 pour 100.

» L'acide réduit cristallise assez difficilement dans l'alcool méthylique en aiguilles blanches fondant à 237°.

(¹) Travail fait au laboratoire de M. Haller à la Sorbonne.

(²) E.-C. SEVERIN, *Comptes rendus*, t. CXXX, p. 723.

» *Diméthylamidoanthraquinone dichlorée*

$$\begin{array}{c} \text{Cl} \\ \text{Cl} \end{array} C^6H^2 \begin{array}{c} — CO — \\ — CO — \end{array} C^6H^3 \, Az \begin{array}{l} CH^3 \\ CH \end{array}$$

» Des essais tentés pour opérer la condensation anthraquinonique en partant de l'acide *diméthylamidobenzoylbenzoïque* dichloré n'ayant pas donné de résultats, nous avons effectué cette condensation par l'intermédiaire de l'acide *diméthylamidobenzylbenzoïque* dichloré. Le mode opératoire qui a été tenté d'abord avec l'acide réduit a été celui qui avait servi à MM. Haller et Guyot pour opérer la condensation de l'acide benzoylbenzoïque non chloré, en chauffant l'acide réduit avec de l'acide sulfurique concentré pendant quelques minutes. Il est ainsi converti en anthranol qu'on oxyde ensuite par le perchlorure de fer. Opérant dans ces conditions, nous n'avons pas pu arriver à effectuer la condensation anthraquinonique de notre acide. La méthode qui a été employée par nous pour préparer l'antraquinone de notre acide est la simple condensation par l'acide sulfurique concentré à 66°. Dans ces conditions, il se forme d'abord un *cétohydroanthracène* par élimination de l'oxhydrile acide avec un atome d'hydrogène du groupement phényle :

$$C^6H^2Cl^2 \left\langle \begin{array}{l} CH^2C^6H^4Az \left\langle \begin{array}{l} CH^3 \\ CH^3 \end{array} \right. \\ COOH \end{array} \right. = H^2O + C^6H^2Cl^2 \left\langle \begin{array}{c} CH^2 \\ CO \end{array} \right\rangle C^6H^3Az \begin{array}{l} CH^3 \\ CH^3 \end{array}.$$

» Ensuite l'acide sulfurique agissant comme oxydant donne de l'acide sulfureux et de l'anthraquinone

$$C^6H^2Cl^2 \left\langle \begin{array}{c} CH^2 \\ CO \end{array} \right\rangle C^6H^3Az(CH^3)^2 + 2SO^4H^2 = 3H^2O + 2SO^2$$
$$+ C^6H^2Cl^2 \left\langle \begin{array}{c} CO \\ CO \end{array} \right\rangle C^6H^3Az(CH^3)^2.$$

» L'opération est conduite de la façon suivante : on dissout 10gr d'acide benzylbenzoïque diamidodichloré dans 240gr SO^4H^2 à 66°. On chauffe de deux heures et demie à trois heures à 92°, on verse dans l'eau distillée ; il se forme un précipité floconneux rouge qu'on fait cristalliser dans le benzène ou le toluène bouillant. L'anthraquinone se présente en aiguilles rouge bronzé fondant à 188°. Insoluble dans les alcools, l'éther, elle est soluble dans l'acide acétique, le toluène et le benzène. L'analyse donne la formule $C^{16}H^{11}O^2Cl^2Az$.

» *Diéthylamidoanthraquinone dichlorée*

$$\begin{array}{c} \text{Cl} \\ \text{Cl} \end{array} C^6H^2 \begin{array}{c} — CO — \\ — CO — \end{array} C^6H^3 \, Az \begin{array}{l} C^2H^6 \\ C^2H^5 \end{array}$$

» Elle a été préparée de la même manière et dans les mêmes conditions que l'anthraquinone de l'acide diméthylé.

» Elle a le même aspect que son homologue et fond à 175°. L'analyse donne la formule $C^{18}H^{15}O^2Cl^2Az$.

» *En résumé*, il semble que la présence des 2 atomes de chlore en 3,4 par rapport à un des carboxyles empêche la condensation des acides dialcoylamido-*benzoylbenzoïques* dichlorés, et ne peut s'effectuer qu'en opérant sur les acides *benzylés*, et dans des conditions autres que celles décrites par MM. Haller et Guyot. »

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la monoiodhydrine du glycol* (1). Note de MM. E. **Charon** et **Paix-Séailles**.

« Les composés iodés dans lesquels l'iode fonctionne comme élément monovalent sont généralement plus difficiles à obtenir que leurs isomères chlorés ou bromés. Ils ont été moins étudiés et leurs propriétés souvent déduites par analogie.

» Dans le but d'éclaircir certaines réactions exceptionnelles laissées sans interprétation, nous avons repris l'étude des iodhydrines des alcools polyvalents. Nous sommes arrivés à des résultats qui permettent d'expliquer ces réactions, et nous avons été amenés à constater que ces iodhydrines réagissent quelquefois d'une façon toute différente de celle des chlorhydrines ou bromhydrines.

» La monoiodhydrine duglycol a été surtout étudiée par MM. Bouttlerow et Ossokin (2), Victor Meyer et R. Demuth (3), et enfin Louis Henry (4). Ce dernier a donné une excellente méthode de préparation permettant d'obtenir cette iodhydrine pure. Elle bout à 85°, sous 25^{mm}.

» MM. Bouttlerow et Ossokin, en faisant réagir le zinc-méthyle et le zincéthyle sur la monoiodhydrine du glycol ont obtenu les alcools propylique et butylique secondaires. Comme ils pensaient obtenir ainsi les alcools primaires, ils en ont conclu que vraisemblablement la monoiodhydrine

---

(1) Travail fait au laboratoire de M. Haller, à la Sorbonne.

(2) Bouttlerow et Ossokin, *Annalen der Chemie*, t. CLXV, p. 257.

(3) V. Meyer et R. Demuth, *Annalen der Chemie*, t. CCLVI, p. 29.

(4) Louis Henry, *Bull. Acad. royale de Belgique*, 3e série, t. XVIII, p. 182, et *Rec. Trav. chim. des Pays-Bas*, t. XVII, p. 1.

était un composé éthylidénique de formule : $CH^3 - CH\langle^{OH}_{I}$. Depuis, ces dérivés ont été préparés par fixation directe des hydracides sur les aldéhydes. On sait qu'ils sont très instables, indistillables, sans décomposition, même sous pression très réduite. La formule de MM. Bouttlerow et Ossokin doit donc être rejetée.

» MM. V. Meyer et Demuth, d'abord, et plus récemment M. Louis Henry ont constaté que la monoiodhydrine réagissant sur le nitrite d'argent donne du nitroéthanol biprimaire $CH^2AzO^2—CH^2OH$. On doit donc admettre la formule $CH^2I - CH^2OH$.

» Nous avons cherché la cause de la contradiction entre les expériences précédentes.

» Nous avons traité la monoiodhydrine par la potasse aqueuse dans les conditions qui ont conduit Wurtz à l'oxyde d'éthylène avec la monochlorhydrine.

» On obtient bien un gaz présentant les caractères de l'oxyde, mais il se forme à côté une résine semblable à la résine d'aldol.

Nous avons alors opéré avec une base très faible, l'hydrate d'oxyde de plomb préparé et séché à froid.

» En chauffant à peine dans un petit ballon un mélange intime d'oxyde de plomb et de monoiodhydrine, il distille immédiatement de l'aldéhyde éthylique et le contenu du ballon prend la teinte jaune de l'iodure de plomb.

» Le rendement en aldéhyde est voisin du rendement théorique.

» Nous pouvons maintenant expliquer les résultats des expérimentateurs précédents.

» Dans l'expérience de MM. Boutlerow et Ossokin, le zinc-méthyle enlève d'abord de l'acide iodhydrique avec formation d'alcool vinylique donnant son tautomère l'aldéhyde. Comme le zinc-méthyle a été employé en excès, il réagit de suite sur l'aldéhyde naissante en donnant la réaction classique des dérivés organométalliques du zinc sur les aldéhydes, qui permet de préparer les alcools secondaires.

» Au début de l'expérience, on constate bien un dégagement de méthane correspondant à l'action de l'acide iodhydrique sur le zinc-méthyle.

» Avec le nitrite d'argent (réaction de V. Meyer et Demuth), il y a réaction de substitution pure et simple ; M. L. Henry cependant a signalé dans cette opération la formation d'un acide volatil, c'est probablement de l'acide acétique résultant d'une action secondaire du nitrite d'argent sur une certaine quantité d'aldéhyde formée dans la réaction.

» Nous avons essayé aussi l'action des bases azotées en excès (ammo-

niaque, aniline, phénylhydrazine, hydroxylamine). Nous espérions obtenir les dérivés correspondants de l'aldéhyde (hydrazone, oxime).

» Il n'en est rien, l'iodhydrine réagit déjà à froid comme réagirait l'iodure de méthyle. Il se forme les iodures de bases complexes dont nous poursuivons l'étude.

» L'iode dans ces réactions a quitté le chaînon hydrocarboné pour se rattacher à l'azote. On peut encore enlever de l'acide iodhydrique à la molécule, mais cet enlèvement a lieu sur l'azote et le chaînon $CH^2 - CH^2OH$ reste inaltéré.

» M. Kaschirsky ([1]) a bien signalé en 1877 qu'il se fait de l'aldéhyde dans l'action de ZnO et de PbO sur la monochlorhydrine; mais cette réaction est, dit-il, à peine sensible et exige une température très élevée. Il fait observer de plus, avec juste raison, qu'il est fort possible que cette aldéhyde résulte d'une isomérisation par la chaleur de l'oxyde d'éthylène d'abord formé.

» M. Krassousky ([2]) a également constaté la formation d'aldéhyde avec la monochlorhydrine chauffée longtemps en présence d'eau à température élevée, mais la réaction n'est encore que partielle et rappelle certaines réactions de déshydratation du glycol.

» Nous avons essayé l'action de l'hydrate de plomb sur la monochlorhydrine. Ce corps mélangé intimement à $Pb(OH)^2$ distille inaltéré vers 129° à la pression ordinaire.

» On voit que la monoiodhydrine, bien différente des dérivés chlorés et bromés, perd très facilement les éléments de l'acide iodhydrique de la manière suivante :

$$CH^2I - CH^2OH = CH^2 = CHOH + HI.$$

» L'alcool vinylique se transforme de suite en son tautomère l'aldéhyde.

» La présence d'iode dans la molécule donne donc une grande mobilité à un des atomes d'hydrogène rattaché au carbone du groupement fonctionnel alcool.

» Nous publierons prochainement de nouveaux résultats démontrant la généralité de cette réaction des iodhydrines. »

([1]) Kaschirsky, *Berichte*, vol. X, p. 1104.

([2]) Krassousky, *Journ. Soc. phys.-chim. russe*, t. XXXI, p. 667.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'acide γ-chlorocrotonique*. Note de M. **R. Lespieau**, présentée par M. Henri Moissan.

« J'ai précédemment décrit le nitrile résultant de l'action de l'acide prussique sur l'épichlorhydrine, ainsi que l'éther provenant de la saponification de ce nitrile en présence d'alcool à 95° (*Comptes rendus*, t. CXXVII, p. 965). Ces deux composés additionnés d'anhydride phosphorique, puis soumis à la distillation, perdent une molécule d'eau en donnant le nitrile et l'éther de l'acide γ-chlorocrotonique. L'anhydride est ajouté par petites portions en évitant un échauffement trop grand; la distillation est conduite sous pression réduite; le liquide obtenu est agité avec une solution de carbonate de sodium puis séché à l'aide du chlorure de calcium fondu et purifié par de nouvelles distillations.

» *Le nitrile* $CH^2Cl.CH=CH-CAz$ est un liquide incolore dont le contact avec l'épiderme provoque des démangeaisons vives et persistantes suivies souvent d'ampoules. Il bout à 73° — 73°,5 sous une pression de 15^{mm} de mercure. Sa densité à 0° est 1,1495. Son poids moléculaire déduit d'une mesure cryoscopique faite comme les suivantes dans l'acide acétique a été trouvé égal à 109. Ses analyses ont fourni les résultats suivants : $C=47,01$, $H=4$, $Cl=35,17$, $Az=13,87$.

» L'*éther éthylique* $CH^2ClCH=CH-CO^2C^2H^5$ est un liquide bouillant à 191°-193° sous une pression de 750^{mm}. La cryoscopie indique pour poids moléculaire de ce corps le nombre 151. Sa teneur en chlore était de 24,15 pour 100.

» L'*acide* $CH^2ClCH=CH-CO^2H$ est un corps solide, blanc, d'une odeur forte, fondant à 76°,5-77°,5, distillant dans le vide sans décomposition, très soluble dans l'éther et l'acide acétique. Le poids moléculaire cryoscopique du produit que j'ai étudié était de 121; ses analyses ont fourni : $C=39,82$; $H=4,27$; $Cl=29,31$.

» Cet acide n'a pas été obtenu par saponification de son nitrite. Celui-ci, en effet, par l'action de la potasse perd du chlore et, par l'action de l'acide chlorhydrique, fournit un acide dichlorobutanoïque

$$CH^2Cl-CHCl.CH^2.CO^2H$$

fondant à 45°-50° identique avec celui que j'ai déjà décrit (*Comptes rendus*, t. CXXIX, p. 224).

» Pour obtenir l'acide non saturé, on traite son éther éthylique additionné d'alcool par une solution aqueuse de potasse à 30 pour 100, en évitant toutefois que la température du mélange ne s'élève au-dessus de 20°. On évapore l'eau et l'alcool dans le vide sulfurique et l'on obtient ainsi le sel de potassium de l'acide cherché. On le purifie en le lavant à l'éther bouillant, puis en le faisant cristalliser dans l'alcool absolu. Séché dans le vide, il est anhydre. On le dissout dans l'eau, et l'on ajoute la quantité théorique d'acide sulfurique dilué, puis on extrait à l'éther. L'évaporation de ce dissolvant fournit l'acide cristallisé. »

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la composition des albumens de la fève de Saint-Ignace et de la noix vomique.* Note de MM. **Em. Bourquelot** et **J. Laurent.**

« Les graines des plantes de la famille des Strychnées possèdent un albumen volumineux dont la consistance rappelle celle de l'albumen des graines de Légumineuses qui a été étudié par l'un de nous, en collaboration avec M. Herissey ([1]). Les graines de *Strychnos Ignatii* Bergius (Fève de Saint-Ignace) et de *Strychnos nux vomica* L. (Noix vomique), en particulier, qui sont d'un usage fréquent en médecine, sont presque entièrement constituées par cet albumen.

» Elles sont extrêmement dures à l'état sec; mais, lorsqu'on les maintient dans l'eau pendant quelques jours, elles se ramollissent suffisamment pour qu'on puisse les fendre au couteau et en extraire l'embryon qui, très petit par rapport à la totalité de la graine, est formé d'une radicule cylindrique et de deux cotylédons foliacés.

» L'importance physiologique de l'albumen de ces graines, son apparence, la facilité avec laquelle on peut l'isoler nous ont engagés à étudier l'hydrate de carbone qui en constitue la majeure partie.

» *Fève de Saint-Ignace.* — Il a fallu d'abord éliminer les matières solubles qui accompagnent l'hydrate de carbone. Pour cela, les graines ramollies dans l'eau ont été débarrassées de leur embryon, puis passées au moulin; on obtient ainsi un produit qui, après dessiccation, ressemble à ce qui, dans la droguerie, porte le nom de *fève de Saint-Ignace râpée.* On a épuisé ensuite complètement ce produit à l'aide de l'alcool à 87° et on l'a fait sécher à l'étuve à 40°-45°.

([1]) *Comptes rendus,* séances du 24 juillet et du 14 août 1899; du 12 mars 1900.

» Pour l'hydrolyser, on a fait le mélange suivant :

Albumen épuisé et sec ...	10^{gr}
Acide sulfurique	6^{gr}
Eau	quantité suffisante pour faire 200^{cc}

» On a chauffé ce mélange à l'autoclave à 110° d'abord pendant quarante-cinq minutes; on a laissé refroidir, ouvert l'autoclave, agité et chauffé de nouveau à 110° pendant quarante-cinq minutes.

» L'analyse du liquide à la liqueur de Fehling a montré qu'il s'était formé $5^{gr},96$ de sucres réducteurs (exprimés en dextrose). Quelques essais ayant révélé la présence de mannose et de galactose parmi ces sucres, on en a fait le dosage par les méthodes déjà décrites dans les travaux rappelés plus haut.

» On a trouvé ainsi, pour la totalité de la matière hydrolysée, $2^{gr},705$ de mannose et $3^{gr},105$ de galactose.

» Par conséquent, si l'on rapporte ces résultats à 100^{gr} d'albumen, on voit que celui-ci, dans les conditions de l'expérience ci-dessus, fournit 59,6 pour 100 de sucres réducteurs renfermant 27,05 pour 100 de mannose et 31,05 pour 100 de galactose.

» Afin de nous assurer que le sucre dosé comme galactose était bien du galactose, nous avons effectué une autre hydrolyse portant sur 50^{gr} d'albumen qui ont été traités par dix fois leur poids d'acide sulfurique dilué à 3 pour 100, en opérant comme il est dit ci-dessus.

» Le liquide obtenu, séparé de la partie qui avait résisté à l'hydrolyse, a été neutralisé avec quantité suffisante de carbonate de calcium; après quoi l'on a filtré, évaporé le liquide filtré à un demi-volume et précipité par addition d'alcool à 95°.

» Le précipité ayant été séparé par filtration, on a évaporé le liquide jusqu'à consistance sirupeuse et abandonné le sirop à la cristallisation, après avoir amorcé avec une trace de galactose cristallisé. La cristallisation s'est opérée rapidement. Les cristaux ont été essorés et purifiés par une nouvelle cristallisation dans l'alcool à 80° bouillant. Cette fois, les cristaux obtenus étaient parfaitement blancs et présentaient tous les caractères du galactose. En particulier, leur pouvoir rotatoire a été trouvé égal à $+79°,86$ à la température de 20°.

» *Noix vomique.* — On a opéré comme pour la Fève de Saint-Ignace. On a fait ramollir les graines dans l'eau, on les a grattées à la surface pour enlever les poils qui les recouvrent; on les a coupées pour extraire les embryons, après quoi on les a passées au moulin.

» La poudre grossière obtenue a été desséchée, puis épuisée par l'alcool à 85° et desséchée de nouveau.

» L'hydrolyse a été effectuée sur 50^{gr} de cette poudre sèche.

Albumen épuisé et sec...	50^{gr}
Acide sulfurique........	15^{gr}
Eau distillée............	quantité suffisante pour faire 500^{cc}

» L'opération a été conduite comme celle que nous avons décrite plus haut. Le liquide obtenu renfermait une proportion de sucres réducteurs (exprimés en dextrose)

représentant 58gr,8 pour 100 de l'albumen traité. On a dosé le mannose et le galactose qui entraient dans la composition de ces sucres et l'on a trouvé, toujours en rapportant les résultats à 100gr d'albumen, 11gr,3 de mannose et 41gr,6 de galactose.

» Ici encore il a été facile d'obtenir le galactose à l'état cristallisé et pur.

» En résumé, nous retrouvons dans les albumens de la Fève de Saint-Ignace et de la Noix vomique les mêmes hydrates de carbone que dans l'albumen des graines de légumineuses étudiées antérieurement, c'est-à-dire une manno-galactane, ou plutôt un mélange de mannane et de galactane. Mais ici la proportion de galactane indiquée par la quantité de galactose trouvée dans les liquides d'hydrolyse est plus élevée. Cela est surtout remarquable pour la Noix vomique.

» Ajoutons qu'il est extrêmement facile d'obtenir, avec ces deux graines, du galactose cristallisé. Elles en fournissent plus que le sucre de lait lui-même, qui a servi jusqu'ici à le préparer. »

ZOOLOGIE. — *Recherches expérimentales sur l'évolution de la Lamproie* (P. Planesi). Note de M. E. **Bataillon**, présentée par M. de Lacaze-Duthiers.

« Les résultats qui suivent se rapportent à deux ordres d'expériences sur l'œuf : modification de la pression osmotique par l'emploi de solutions isotoniques salines ou sucrées, modification de la forme par compression.

» I. A la suite de mes recherches sur l'œuf d'Ascaris [1], je me suis demandé si des solutions isotoniques variées ne permettraient pas de relever, dans l'évolution de matériaux plus plastiques, des modifications constantes, indépendantes de la nature chimique du milieu employé et relevant de la simple déshydratation.

» J'ai donc soumis des œufs de Lamproie fécondés artificiellement à des solutions sériées et équiosmotiques de sucre de canne, de NaCl, de $CaCl^2$, correspondant respectivement à 1 pour 100 (série n° I), 0,8 pour 100 (série n° II), 0,6 pour 100 (série n° III), 0,5 pour 100 (série n° IV), 0,2 pour 100 (série n° V) de sel marin.

» *Les trois dernières séries de liquide* ont déterminé sur l'œuf et sur la marche de la segmentation des troubles de même ordre. L'œuf diminue de

---

[1] E. Bataillon, *La résistance des œufs d'Ascaris et la pression osmotique* (*Comptes rendus* et *Mém. de la Soc. de Biol.*, séance du 12 mai 1900). — *La pression osmotique et l'anhydrobiose* (*Ibid.*, séance du 12 mai 1900).

volume et prend la forme d'une calotte de sphère dont la base supérieure est plus ou moins bombée suivant le degré de concentration. *La déshydratation est donc plus accusée au pôle animal.*

» *Le troisième plan de segmentation* qui, dans les conditions normales, est horizontal comme chez la Grenouille, *se montre constamment vertical, et il faut arriver au stade à huit éléments au moins pour observer la séparation des petits blastomères au pôle supérieur.*

» Les sillons du début sont plus accusés encore que dans le cas ordinaire; mais ils ne s'atténuent plus au stade 4 pour régulariser l'ébauche qui reste longtemps aplatie avec des blastomères de plus en plus nombreux et profondément entaillés. Enfin, les premières segmentations sont souvent inégales et rappellent ce qui s'observe chez certains Mollusques (*Nassa*, par exemple).

» *L'évolution se poursuit plus ou moins loin suivant le degré de concentration. Mais pour les trois liquides isotoniques de chaque série, les résultats sont identiques.*

» Dans les trois solutions correspondant à 1 pour 100 de sel marin (sucre, NaCl, $CaCl^2$) aucun œuf ne s'est segmenté. Pour la série n° II (0,8 pour 100 de NaCl) les trois liquides n'ont pas permis le développement au delà de seize éléments. Les séries III et IV ont donné des morulas très riches; et, à la concentration 0,5, on a pu enregistrer quelques gastrulas normales. Notons qu'avec l'émiettement des blastomères, l'ébauche a fini par régulariser sa surface. Pour franchir le stade des bourrelets médullaires et arriver à l'éclosion, il ne faut pas dépasser 0,2 pour 100 de NaCl.

» *En accusant par ces procédés la pression osmotique de l'œuf, on retarde son évolution.* Qu'on emploie la dilution à 0,5 pour 100 de chlorure de sodium ou les solutions isotoniques de sucre et de chlorure de calcium, les matériaux sont en retard de vingt-quatre heures au moins sur les témoins pour l'apparition du blastopore. Dans les solutions n° II (0,8 pour 100 de NaCl) le retard est d'une demi-heure environ pour la première division. Enfin, si le contact avec les solutions n° I (1 pour 100 de NaCl) n'est pas trop prolongé, la segmentation enrayée peut apparaître dans l'eau pure, comme je l'ai constaté après un arrêt de vingt heures environ [1].

---

[1] Notons que l'œuf d'Ascaris, déshydraté au cours de la segmentation, soit par dessiccation simple, soit par des solutions salines, peut subir un arrêt semblable. L'évolution reprend son cours avec la réhydratation (E. Bataillon, *loc. cit.*).

» Les anomalies à allure spécifique obtenues chez les Amphibiens par Hertwig, Gurwitsch, etc. (larves au sel, larves au lithium), n'ont pas été observées chez la Lamproie. Mais la brièveté de la période de reproduction a forcément limité mes tentatives sur ces œufs qui sont à signaler comme un matériel d'élection pour les études de Biologie générale.

» *En somme, les résultats généraux qui précèdent paraissent indépendants de la composition chimique des liquides employés. Le point critique où la division est entravée, les troubles dans la marche de la segmentation, l'allure des ébauches, le stade fixe où l'évolution s'arrête pour chaque série, correspondent nettement à des pressions osmotiques parallèles pour les divers milieux.*

» II. Les œufs de Lamproie sont moins favorables que ceux d'Amphibiens ou de Téléostéens à la démonstration *directe* de l'isotropie. Si on les comprime entre des lames verticales, le premier sillon ne suit pas toujours la direction de la pesanteur. Il est bien perperdiculaire aux surfaces de compression, mais passe toujours par le pôle blanc, qui peut occuper toutes les positions; vraisemblablement à cause de la lenteur du déplacement des matériaux internes. Mais, dans l'apparition des divisions ultérieures, *les lois d'Hertwig sont strictement respectées*. C'est ainsi que le deuxième sillon, au lieu de passer par l'arc de l'œuf comme le premier, détache immédiatement le pôle animal du pôle végétatif. Il arrive même, si la compression est suffisante, que les deux petites cellules se divisent à nouveau dans le plan des lames, tandis que les gros blastomères bourgeonnent, eux aussi, à leur bord supérieur. L'ébauche montre alors *une simple rangée* de petits éléments disposés en arc sur les deux cellules vitellines aplaties, et séparés d'elles par un orifice. En tout cas, *l'ordre d'apparition des trois premiers sillons est modifié dans le même sens que chez les œufs de Grenouille comprimés; et au point de vue de la séparation précoce ou tardive des petits blastomères, le résultat est inverse de celui que l'on obtient, soit avec les solutions salines, soit avec les solutions sucrées.*

» Si l'isotropie de l'œuf n'émerge pas pour ce type aussi nettement que pour d'autres, nous montrerons bientôt qu'en intervenant sur le facteur *pression osmotique*, invoqué plus haut, on arrive à l'établir indirectement d'une façon péremptoire. »

ZOOLOGIE. — *Remarques sur certains points de l'histoire de la vie des organismes inférieurs.* Note de M. J. Kunstler, présentée par M. Edmond Perrier.

« S'il est un élément dont la manière d'être primitive et le point de départ soient obscurs, c'est sans contredit le noyau cellulaire, auquel les récents progrès de la Science attribuent une importance si fondamentale. Universellement répandu dans l'immense majorité des cellules et absolument indispensable à leur existence, le corps nucléaire semble disparaître brusquement aux confins inférieurs du règne organique, ou, inversement, apparaître brusquement dès les degrés les plus humbles de l'échelle des êtres.

» Me basant sur certaines observations, notamment sur les colorations intenses que communiquent aux Bactériacées les couleurs d'aniline, j'avais cru pouvoir professer publiquement, il y a bientôt quinze ans, que toute la masse sous-tégumentaire de ces organismes auxquels on ne connaît pas de noyau correspond, en quelque sorte, à un noyau et qu'ils étaient, selon mon ancienne expression, des *noyaux ambulants.* Cette hypothèse répondait assez fidèlement à la théorie plus récente de Bütschli sur le *corps central.* Une série de considérations trop longues à énumérer ici, parmi lesquelles je citerai simplement les différences notables qui s'observent entre les propriétés d'absorption des matières colorantes électives du noyau proprement dit et du *corps central,* m'ont déterminé à abandonner ma première supposition. Ce n'est pas le lieu, ici, de faire la réponse qui convient à la note, quelque peu dogmatique, que Bütschli a bien voulu me consacrer à propos des *grains rouges.* Je me bornerai à établir certaines remarques qui me paraissent susceptibles de jeter une lumière nouvelle sur la genèse subite et, pour ainsi dire, si étrange d'un organite aussi important que le noyau, apparaissant tout d'un coup sans que rien ne semble l'annoncer préalablement.

» Si l'on étudie méticuleusement tout l'ensemble du développement des spores des Bactériacées, on ne saurait manquer d'être frappé d'un fait bien spécial. Par exemple, chez le *Bacterioidomonas sporifera* (Kunstler), le développement des spores se présente avec de telles apparences que, pendant toute une première phase de leur existence, elles ont tout l'aspect de noyaux indéniables, dont elles possèdent toutes les propriétés spéciales. Leur manière de se comporter vis-à-vis des réactifs colorants est bien celle du noyau vrai et ne rappelle pas celle du *corps central.* Des préparations, bien faites, soumises à l'examen d'un histologiste non prévenu, lui sug-

gèrent involontairement la notion de corps cellulaires oblongs et multinucléés. Moi-même, j'ai pris autrefois ces corps reproducteurs pour des noyaux.

» La constitution histologique fine de ces spores se juxtapose identiquement à celle des noyaux inférieurs, tels que je les ai fait connaître par différentes publications (structure en rosette, etc.). Leur origine et leur mode de développement reproduisent avec fidélité ce qui s'observe pour le noyau, par exemple du *Cryptococcus guttulatus* ou du *Saccharomyces cerevisiæ*, etc. Chez ces organismes élémentaires, le noyau apparaît sous la forme d'une sorte de bourgeon centripète, qui émane de la couche claire, formée d'une assise vacuolaire simple, entourant le *corps central*.

» Chez le *Bacterioidomonas*, les spores se développent aux dépens de la couche similaire, dont l'un des éléments vacuolaires (improprement dits alvéoles) s'accroît, épaissit ses parois, se divise d'une façon régulière, et forme un bourgeon en apparence tout à fait identique au noyau précédent, tant sous le rapport du développement que sous celui de la constitution, de la forme, de l'aspect et des propriétés chimiques. A cela se bornent les analogies. Le noyau, organe essentiel de l'assimilation du protoplasma, persiste avec ses caractères pendant toute la durée de la vie de l'être. Le bourgeon sporogène se métamorphose plus ou moins vite. Son évolution se subdivise en deux phases bien distinctes. La première période est caractérisée par un accroissement rapide et par une vitalité intense; c'est alors qu'il rappelle le noyau cellulaire. La deuxième phase affecte des caractères inverses. Les phénomènes vitaux paraissent plus ou moins ralentis ou suspendus; le corps de la spore est contracté et très réfringent, jusqu'à rappeler l'éclat métallique, et ses réactions microchimiques sont à peine constatables. En même temps, l'être souche semble assimiler fort mal; sa substance présente des indices non équivoques d'une dégénérescence aboutissant en peu de temps à la mort. Chez le *Cryptococcus* et le *Saccharomyces*, où le noyau persiste à son état normal et où les individus survivent aux phénomènes de la reproduction, celle-ci n'est pas le résultat d'une sporulation endogène, mais bien d'un phénomène de bourgeonnement externe. Les êtres nouveaux, ainsi formés, sont d'abord dépourvus de noyau. Cet élément se formera, ainsi qu'il a été dit, par un processus de bourgeonnement pariétal.

» L'ensemble des faits énoncés ci-dessus dénote des analogies étroites entre certains noyaux et certaines spores, de nature à attirer l'attention sur des liens de parenté possibles entre eux. S'il en était réellement ainsi, nos connaissances morphologiques en subiraient un contre-coup de haute importance.

» Le noyau cellulaire ne serait-il autre chose que le résultat de la transformation d'un bourgeon sporogène, adapté à un rôle nouveau? Serait-il un vestige d'un processus reproducteur détourné de son but primitif? Une semblable hypothèse a l'avantage d'expliquer la vitalité intense du noyau; elle rend un compte rationnel de l'apparition d'un élément qui,

jusqu'ici, ne semblait tirer son origine d'aucun précurseur, de même qu'elle permettrait de comprendre la constitution de certains êtres plurinucléés, en quelque sorte, d'emblée. »

ZOOLOGIE. — *Sur des Clavelines nouvelles* (Synclavella *n. g.*), *constituant des cormus d'Ascidies composées*. Note de M. **Maurice Caullery**, présentée par M. Edmond Perrier.

« Les Ascidies ont été souvent divisées en *Ascidies simples*, *A. sociales* et *A. composées*. Cette classification, fondée sur l'absence ou l'existence du bourgeonnement, et, dans le second cas, sur la disposition respective des individus d'une colonie, n'a pas, comme on l'a fait remarquer depuis longtemps déjà, de valeur phylogénique. Les Ascidies composées et les Ascidies sociales sont, les unes et les autres, la juxtaposition de plusieurs groupes distincts, se rattachant phylogénétiquement à divers groupes d'Ascidies simples. On voit nettement, par exemple, les affinités des *Botrillidæ* et des *Cynthiidæ*.

» La notion d'Ascidies sociales, en outre, est tout artificielle. Entre les cormus des Ascidies composées, où tous les individus sont entièrement enfouis dans une même masse de tunique commune, et les types d'Ascidies sociales telles que *Clavelina lepadiformis* ou *Perophora Listeri*, dans lesquelles les divers ascidiozoïdes se dressent isolément sur un système de stolons linéaires, l'opposition est assez nette. Mais déjà dans les formes connues depuis longtemps, telles que *Diazona*, on a un terme intermédiaire, au point de vue de la cormogenèse. Aujourd'hui, l'inutilité du groupe des Ascidies sociales est manifeste, car on peut, sur une série d'espèces, ne présentant pas de variations anatomiques appréciables, trouver tous les passages aux Ascidies composées. C'est ce que montrent, en effet, les Clavelines.

» I. Parmi les espèces décrites jusqu'ici, nous trouvons, en effet, les cas suivants :

» *a*. Des formes telles que *Clavelina lepadiformis* O. F. M., type des Ascidies sociales, à individus isolés sur des stolons linéaires.

» *b*. Les *Podoclavella* Herdm. (*P. borealis*, espèce anciennement décrite par Savigny, et *P. australis* Herdmann, des côtes d'Australie) différant du cas précédent en ce que les stolons sont remplacés par une lame continue tapissant le support et sur laquelle se dressent isolément les individus.

» *c.* Les *Stereoclavella* Herdm., parmi lesquelles nous citerons surtout *St. australis* des côtes d'Australie, où les ascidiozoïdes, encore indépendants les unes des autres, émergent en bouquets plus serrés de pédoncules communs charnus.

» *d.* *Pycnoclavella auriluceus* Garstang, où les ascidiozoïdes proéminent, comme autant de petites tiges, sur une masse basilaire charnue, dans laquelle leur région inférieure est même en partie contenue ([1]).

» Ces dernières espèces (*St. Australis, Pycn. auriluceus*) marquent une tendance, très accusée déjà, de la forme sociale vers la forme composée (*Pycnoclavella* rappelle assez la cormogénèse de *Diazona*).

» II. Cette tendance est complètement réalisée dans deux Clavelines que j'ai eu l'occasion d'étudier et qui sont de véritables Ascidies composées. Elles forment des cormus en tubercules massifs, comme ceux des Aplidiens et les *divers individus sont complètement plongés dans la tunique commune.* Il n'y a pas de cloaques communs, chaque siphon cloacal s'ouvrant directement au dehors, mais c'est là une disposition dont les Ascidies composées offrent de nombreux exemples (*Goodsiria* parmi les *Botrillidæ,* plusieurs *Distomidæ, Sigillina,* etc.). Les ascidiozoïdes ne diffèrent par aucun caractère anatomique appréciable des Clavelines sociales. Leurs larves sont identiques avec celles de ces dernières. Ce sont donc de véritables Clavelines composées et leur existence démontre mieux que tout autre argument l'inutilité du groupe des Ascidies sociales ([2]).

» Ces deux Clavelines faisaient partie des collections du Muséum de Paris que M. Edmond Perrier a bien voulu confier à mon examen.

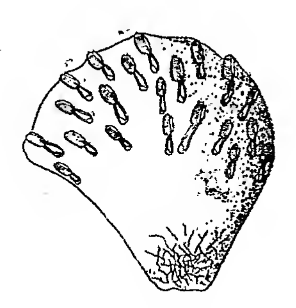
» 1° La première a été récoltée par Lesson, en 1825, pendant l'expédition de la *Coquille* (localité non indiquée). Le cormus, que représente la figure (elle n'a d'autre but que de donner une idée du groupement des individus) est compact, piriforme; il mesure 3^{cm} à 4^{cm} dans ses diverses dimensions. La tunique commune est transparente; les ascidiozoïdes, qu'on aperçoit par suite facilement, sont au nombre d'une cinquantaine, groupés dans la région supérieure. Ils sont de grande taille (plus de 1^{cm} de longueur), bien espacés entre eux, et offrent absolument l'anatomie du genre *Clavelina.* J'y ai compté, suivant les cas, seize à vingt-deux rangées de trémas branchiaux. A la

---

([1]) Pour les formes des types *b, c, d,* voir notamment : Herdmann, *Descript. catal. of the tunicata of the austral Mus. Sydney,* 1899, et Garstang, *Report on the tunicata of Plymouth* (*Journ. marin. Biol. Assoc.,* n. s., t. II; 1891).

([2]) La réciproque de l'argument précédent existe d'ailleurs. La famille des *Distomidæ* renferme une véritable forme sociale, *Archidistoma aggregatum* Garstang.

partie basilaire du cormus, la tunique est parcourue en tous sens par un système de tubes présentant de nombreux renflements. Ce sont les équivalents des tubes stoloniaux, et c'est là que doit s'effectuer la blastogenèse.



» 2° La seconde a été recueillie en 1829 par Quoy et Gaimard sur les côtes d'Australie (expédition de l'*Astrolabe*). Par la forme et les dimensions du cormus et des individus, par les divers caractères que l'on pouvait examiner sur l'échantillon, cette Claveline se comporte comme la précédente. Il semble pourtant que, sur le vivant, chaque ascidiozoïde faisait, par la partie supérieure de son thorax, un bombement assez marqué à la surface; celle-ci devait être mamelonnée. Mais il ne saurait être question d'ascidiozoïdes isolés de la masse commune, comme dans les genres *Pycnoclavella* et *Stereoclavella*.

» Il faut évidemment, pour ces deux Clavelines, créer un genre nouveau. Je propose de le nommer *Synclavella*. Quant à une description spécifique précise des deux formes précédentes, elle ne pourrait guère se faire, vu le petit nombre des échantillons, leur état actuel et l'incertitude de leur provenance géographique. Je les considérerai toutefois comme deux espèces distinctes, tout en n'attachant à leur séparation et à leur dénomination spécifique qu'une valeur très relative. J'appellerai la première *Synclavella Lessoni*, et la seconde *S. australis*. Leur intérêt réside surtout dans leur mode de cormogenèse qui est celui de véritables Ascidies composées. »

MINÉRALOGIE. — *Analyse de fonds marins recueillis dans l'Iroise.* Note de M. J. THOULET.

« Les quarante-trois échantillons analysés ont été récoltés à la drague, en 1897, dans l'Iroise, au large de Brest, par la mission hydrographique dirigée par M. l'ingénieur Renaud, à bord du *Laborieux*, sur lequel j'avais été autorisé à embarquer.

» J'ai procédé successivement, pour chaque échantillon, à l'analyse mécanique au moyen de tamis calibrés, à l'analyse minéralogique et enfin à l'examen des restes d'animaux vivants contenus d'après les méthodes et suivant la nomenclature que j'ai fait connaître.

» Chaque échantillon a été passé aux tamis 3, 6, 10, 30, 60, 100, 200, sec et humide; chaque portion préparée a été pesée isolément.

» L'échantillon complet a été traité par l'acide chlorhydrique étendu, et le résidu pesé a été de nouveau séparé, à l'aide des tamis 30, 60, 100 et 200, en portions pesées ensuite.

» L'argile isolée a été séchée et pesée.

» Le résidu inattaqué par l'acide a été immergé dans une liqueur d'iodures de densité égale à 2,7. On a isolé et pesé à part les minéraux légers.

» Chacune des deux portions a été examinée au microscope en lumières naturelle et polarisée et les grains ont été, lorsqu'il y avait lieu, soumis aux diverses réactions de l'étude micrographique des sables.

» Les minéraux lourds sont constitués par d'abondants débris de granites et de schistes, mica noir et mica blanc, chlorite, amphibole, grenat, magnétite, glauconie. Les minéraux légers consistent en débris de schistes, quartz, calcédoine et feldspaths.

» Les résultats des analyses ont été comparés avec les indications et Cartes du Mémoire publié par le capitaine de frégate de Roujoux, en 1865, et intitulé : « Essai sur l'atterrage et l'entrée de la rade de Brest par temps » brumeux avec un bâtiment à vapeur ».

» Indépendamment des conclusions relatives à la lithologie locale, les résultats généraux obtenus peuvent s'énoncer de la façon suivante :

» I. Les fonds sous-marins, au point de vue de l'une quelconque de leurs propriétés ou caractères, grosseur des grains sableux, teneur en carbonate de chaux, rapport de poids des minéraux lourds aux minéraux légers, nature des minéraux constituants, couleur des argiles, restes d'êtres vivants, etc., se réunissent par groupes ou aires topographiquement bien délimités. La précision avec laquelle ces limites peuvent être tracées sur une carte dépend du nombre des échantillons analysés compris sur un espace donné.

» II. Les aires diffèrent de forme et d'étendue selon la propriété considérée, de sorte que, sur un certain espace de mer, les diverses aires relatives à telle ou telle propriété ne se recouvrent pas exactement. Elles ont chacune des portions communes et d'autres qui ne le sont pas.

» III. La comparaison de mes résultats avec ceux obtenus il y a trente-cinq ans par le commandant de Roujoux prouve la permanence d'un même

fond dans le même endroit. Cette permanence est d'autant plus remarquable que les parages de l'Iroise sont particulièrement tourmentés. Vérifiée dans les circonstances les plus défavorables, on est en droit d'admettre qu'elle est générale sur tout le sol océanique. Un fond marin, dans l'ensemble de ses multiples propriétés, est la résultante d'un nombre extrêmement considérable d'actions dont chacune exerçant son influence avec un degré différent d'énergie se traduit par une particularité correspondante dans la constitution de ce fond. Ces influences combinent leurs effets de mille manières et, au moins dans l'état actuel de la Science, il est bien difficile de faire la part exacte de chacune d'elles, mais leur ensemble représenté par la constitution même du fond demeure permanent pour une même localité.

» IV. On est donc autorisé à établir des cartes lithologiques sous-marines qui représentent un état permanent et non temporaire et variable. En outre de leur utilité pour l'industrie des Pêches et celle des Télégraphes, ces cartes suffisamment détaillées permettront, par la récolte et l'examen d'un échantillon, de fixer une position. Une telle détermination ne s'appuyant que sur des données océanographiques pourra s'effectuer de nuit ou par temps de brume et avec d'autant plus de précision qu'on aura identifié un plus grand nombre de caractéristiques de l'échantillon. Elle se fera à l'aide des concordances et des discordances graphiques des aires relatives à chaque caractéristique.

» V. Les débris minéraux constituant les fonds ne se brisent pas mais s'usent régulièrement par leur frottement mutuel sous l'influence des mouvements de l'eau dus aux vagues, aux marées et aux courants. Les poussières fines ainsi produites ne s'accumulent pas sur place; elles sont entraînées vers le large et, lorsqu'elles ne sont pas dissoutes ou décomposées, elles finissent par se déposer dans les profondeurs calmes de l'Océan. »

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Statique minérale du fœtus humain, pendant les cinq derniers mois de la grossesse.* Note de M. L. **Hugounenq**, présentée par M. Bouchard.

« Pour compléter les Communications que j'ai déjà présentées à l'Académie ([1]), je me suis proposé de déterminer la statique d'ensemble de tous

---

([1]) *Comptes rendus*, 29 avril et 6 juin 1899.

les éléments minéraux de l'organisme chez un certain nombre de fœtus, depuis le quatrième mois de la gestation jusqu'au terme de la grossesse. Mes recherches ont porté sur sept sujets. On trouvera ci-dessous les résultats des analyses rapportés à 100gr de cendres :

Sexe	F.	F.	F.	F.	F.	M.	M.
Période de la grossesse	4 m.-4 m. ½	4 m. ½-5 m.	5 m.-5 m. ½	6 mois	6 mois ½	Terme	Terme
Poids du fœtus	0kg,522	0kg,570	0kg,800	1kg,165	1kg,285	2kg,720	3kg,300
Poids des cendres	14gr,0020	14gr,7154	18gr,3572	30gr,7705	32gr,9786	96gr,7556	106gr,1630
CO^2	»	1,50	0,96	0,90	0,32	1,89	1,16
Cl	8,99	9,91	8,59	7,75	8,53	4,26	4,54
P^2O^5	37,74	32,33	34,36	34,94	35,39	35,28	36,26
SO^3	1,46	1,27	1,80	1,78	1,46	1,50	1,23
CaO	32,60	38,21	32,50	34,64	34,13	40,48	40,68
MgO	1,74	»	1,58	»	1,17	1,51	»
K^2O	9,12	1,21	8,28	7,21	8,45	6,20	7,56
Na^2O	12,23	13,75	12,62	10,62	10,95	8,12	5,96
Fe^2O^3	0,43	0,33	0,40	0,39	0,38	0,39	0,40

» De ces résultats peuvent êtres déduites les conclusions suivantes :

» 1° C'est surtout au début et pendant la période moyenne de la grossesse que l'organisme fœtal assimile du chlorure de sodium; cette assimilation se ralentit à la fin (¹).

» 2° Pendant la seconde moitié de la gestation, la fixation de l'acide phosphorique ne subit pas de grandes variations; elle est cependant plus marquée quand l'embryon est à terme. Au contraire, la proportion de chaux s'accroît notablement pendant les derniers mois, de sorte qu'à la fin le fœtus assimile plus de chaux que d'acide phosphorique. Cet excédent de chaux se retrouve, dans les cendres, à l'état de carbonate calcaire.

» 3° Si l'on fait abstraction de ces deux variations (sels alcalins et phosphate de chaux) dont l'origine est manifestement due à la genèse des globules rouges et à la formation du système osseux, on constate que la composition des cendres reste à peu près constante pendant les cinq derniers mois de la vie intra-utérine.

» Vers la fin, le poids des matériaux inorganiques augmente beaucoup; mais, sauf les exceptions signalées plus haut, les proportions respectives des éléments ne présentent que de faibles variations.

» Au point de vue de son alimentation minérale, la cellule de l'embryon de quatre mois a les mêmes exigences que la cellule du fœtus à terme. Au

(¹) *Comptes rendus*, 2 avril 1900.

cours de l'évolution embryonnaire, le nombre des cellules augmente, mais la composition chimique du squelette minéral ne change pas, abstraction faite des sels nécessaires à l'édification de deux tissus spéciaux : le sang et l'os. »

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Identité du bacille aérogène du lait et du pneumobacille de Friedlænder.* Note de MM. **L. Grimbert** et **G. Legros**, présentée par M. Duclaux.

« Comme les auteurs n'ont pas encore pu se mettre d'accord sur l'identité de ces deux bacilles faute de s'entendre sur la valeur des caractères qu'ils leur attribuent, il nous a paru intéressant de reprendre la question en complétant leur étude morphologique par celle de leurs propriétés biochimiques.

» Pour cela nous avons suivi la marche méthodique proposée par l'un de nous dans un Mémoire sur l'*Unification des méthodes de culture en bactériologie* (1).

» Nos recherches ont porté sur quatre bacilles aérogènes dont trois avaient été isolés de fermentations spontanées du lait; le quatrième, dû à l'obligeance de M. Kayser (2), était le bacille *f* de ses travaux sur la fermentation lactique; il provenait du laboratoire de Nencki.

» Ces quatre bacilles nous ont donné pour chaque épreuve les mêmes résultats, à l'intensité près. Les observations suivantes s'appliquent donc à chacun d'eux en particulier.

» A. *Biologie générale et morphologie.* — Nos bacilles sont immobiles, ils mesurent de $1^{\mu},5$ à 2^{μ}, ne se colorent pas par la méthode de Gram, ne donnent pas de spores et offrent des capsules dans le pus et le sang des animaux inoculés. Ils sont anaérobies facultatifs.

» On peut les cultiver sur les milieux usuels. Sur gélatine en plaques : colonies saillantes, arrondies, à reflets de porcelaine; sur gélatine en piqûre : culture en forme de clou. Pas de liquéfaction de la gélatine. Sur gélose : trace glaireuse et visqueuse.

» Les cultures sur eau peptonée à 3 pour 100 ne donnent pas d'indol. L'albumine cuite n'est pas modifiée. Le lait est assez rapidement coagulé par acidification, sans attaque de la caséine.

---

(1) L. Grimbert, *Archives de Parasitologie*, t. I, p. 191; 1898.
(2) Kayser, *Annales de l'Institut Pasteur*, t. VIII, p. 737; 1894.

» Les nitrates sont transformés partiellement en nitrites sans dégagement gazeux dans l'eau peptonée, mais avec dégagement d'Az et de CO^2 en présence des matériaux amidés du bouillon, si l'on opère en culture anaérobie (¹).

» B. *Action sur les hydrates de carbone.* — Nos bacilles aérogènes font fermenter le glucose, le saccharose, le lactose, la dextrine, la mannite et la glycérine; ils sont sans action sur la dulcite. Ils donnent, avec ces hydrates de carbone, de l'alcool éthylique, de l'acide acétique, de l'acide lactique *gauche* et de l'acide succinique; mais, de même que le pneumobacille de Friedlænder, ils semblent faire un choix entre les divers sucres offerts à leur activité. C'est ainsi que le glucose, la mannite et la glycérine ne donnent pas, ou ne donnent que des traces d'acide succinique avec des quantités notables d'acide lactique *gauche,* tandis que la dextrine, au contraire, ne fournit que de l'acide succinique à l'exclusion de l'acide lactique, et que le saccharose et le lactose produisent à la fois de l'acide lactique et de l'acide succinique. L'acide acétique se rencontre dans toutes les fermentations ainsi que l'alcool éthylique; mais, pour ce dernier, les quantités recueillies varient avec la nature du corps fermentescible.

» Or, ce sont là précisément les caractères du pneumobacille de Friedlænder tels qu'ils ont été déjà décrits par l'un de nous (²). L'identité de ces deux bacilles est donc complète, et un seul nom doit servir à les désigner.

» Bien entendu, l'espèce Friedlænder peut comporter un certain nombre de variétés; l'absence d'action sur la dulcite des bacilles que nous avons étudiés en est la preuve, mais ces variétés, sous la dépendance de l'éducation de la semence, présentent un ensemble de propriétés communes suffisamment nettes pour permettre de les réunir en un groupe unique dont les caractères essentiels sont : 1° l'immobilité; 2° la présence de capsules dans le sang des animaux inoculés; 3° la non-liquéfaction de la gélatine; 4° la non-production d'indol; 5° l'action énergique sur les hydrates de carbone donnant naissance à des produits variables avec la nature du sucre employé. »

(¹) L. Grimbert, *Action du B. d'Eberth et du B. coli sur les nitrates* (*Comptes rendus,* 12 décembre 1898).

(²) L. Grimbert, *Sur les fermentations provoquées par le pneumobacille de Friedlænder* (*Comptes rendus,* novembre 1895).

A 5 heures un quart, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 5 heures et demie.

M. B.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans la séance du 21 mai 1900.

Cours de Mécanique de la Faculté des Sciences. Traité de Mécanique rationnelle, par M. Paul Appell, Membre de l'Institut; t. III : *Équilibre et mouvement des milieux continus.* Paris, Gauthier-Villars, 1900; 1 vol. in-8°. (Hommage de l'Auteur.)

Leçons d'Électrotechnique générale, professées à l'École supérieure d'Électricité, par P. Janet. Paris, Gauthier-Villars, 1900; 1 vol. in-8°. (Présenté par M. Mascart. Hommage de l'Auteur.)

Essais sur l'organisation rationnelle de la Comptabilité à parties doubles, par P. Moutier. Première étude : *Théorie algébrique de la Comptabilité.* Rouen, chez l'Auteur, 1899; 1 fasc. in-8°. (Hommage de l'Auteur.)

Sur quelques microorganismes des combustibles fossiles, par B. Renault. Saint-Etienne, J. Thomas et Cie, 1900; Texte, 1 vol. in-8°; Atlas, 1 fasc. in-f° (21 planches numérotées X-XXX). (Présenté par M. Gaston Bonnier. Hommage de l'Auteur.)

Notice sur la Société de Géographie fondée en 1821, *reconnue d'utilité publique en* 1827. Paris, 1900; 1 fasc. in-8°.

Le vade-mecum du médecin-expert. Guide médical ou Aide-Mémoire de l'expert, du juge d'instruction, de l'avocat, des officiers de police judiciaire, par A. Lacassagne; 2e édition, revue et augmentée. Lyon, A. Storck et Cie, Paris, Masson et Cie, 1900; 1 vol. in-18. (Présenté par M. Bouchard. Hommage de l'Auteur.)

L'Amour dans l'univers, l'inversion dans la création, par Louis-Charles-Émile Vial. Paris, J. Rothschild, 1896; 1 vol. et 6 fasc. in-8°.

Ministère de la Marine. Annuaire de la Marine pour 1900. Paris, Imprimerie nationale, 1er janvier 1900; 1 vol. in-8°.

Université de Besançon. Observatoire astronomique, chronométrique et météo-

rologique. Bulletin astronomique, publié par M. L.-J. GRUEY, directeur de l'observatoire. I-XI, années 1886-1896. Besançon, Imp. Paul Jacquin; 11 fasc. in-4°. (Présenté par M. Lœwy.)

Observatoire de Besançon. Onzième Bulletin chronométrique, publié par M. L.-J. GRUEY. Besançon, imp. Millot frères et Cie, 1899; 1 fasc. in-4°. (Présenté par M. Lœwy.)

Observatoire de Besançon. Erreurs de divisions des cercles de la lunette méridienne, publiées par M. L.-J. GRUEY. Besançon, imp. Paul Jacquin, s. d.; 1 fasc. et 1 atlas in-4°.

Journal de Mathématiques pures et appliquées. Cinquième série, publiée par CAMILLE JORDAN, avec la collaboration de M. LÉVY, A. MANNHEIM, E. PICARD, H. POINCARÉ. T. VIe, année 1900, fasc. n° 1. Paris, Gauthier-Villars, 1900; 1 fasc. in-4°.

Actes de la Société linnéenne de Bordeaux. Vol. LIV, 6e série, t. IV. Bordeaux. J. Durand, 1899; 1 vol. in-8°.

Bulletin de la Société de l'Industrie minérale, publié sous la direction du Conseil d'administration. 3e série, t. XIV, 1re livraison, 1900. Saint-Étienne; 1 vol. in-8° et 1 atlas in-f°.

Accademia reale delle Scienze di Torino. Giuseppe Bertrand, brevi parole di commemorazione del socio Enrico d'Ovidio. Torino, Carlo Clausen, 1900; 1 fasc. in-8°. (Hommage de l'Auteur.)

Beobachtungen von 4078 Sternen zwischen 0° und 18° nördlicher Declination, am Repsold'schen Meridiankreise der Bonner Sternwarte, unter Mitwirkung von C. MÖNNICHMEYER, ausgeführt und bearbeitet von F. KÜNSTER. Bonn, Friedrich Cohen, 1900; 1 fasc. in-4°.

Atti del IV Congresso meteorologico italiano, promosso dalla Societa meteorologica italiana, tenuto a Torino dal 12 al 15 settembre 1898. Torino, 1899; 1 vol. in-16.

Primera reunion del Congreso cientifico latino americano celebrada en Buenos Aires del 10 al 20 de abril de 1898 por iniciativa de la Sociedad cientifica argentina. II. *Trabajos de la 1a seccion (ciencias exactas e ingenieria).* Buenos Aires, 1898; 1 vol. in-8°.

Contents and general index of the transactions of the American Society of mechanical Engineers, vol. I, 1880, to vol. XX, 1899. New York, 1899; 1 vol. in-8°.

Memoirs of the British astronomical Association. Vol. VIII, part III : *Report of the Section for astronomical Photography;* vol. IX. part I : *Report of the Section for the observation of meteors.* London, 1900; 2 fasc. in-8°.

Annalen der Physik. Folge 4, Band I, Heft 1. Herausgegeb. v. PAUL DRUDE. Leipzig, Johann Ambrosius Barth, 1900; 1 fasc. in-8°.

Beiblätter zu den Annalen der Physik. Herausgegeb. unter Mitwirkung von E. WIEDEMANN. Band XXIV. Stück 1. 1900, n° 1. Leipzig, J.-A. Barth; 1 fasc. in-8°.

Bulletin de la Société vaudoise des Sciences naturelles; 4ᵉ série, vol. XXXVI, n° 135. Lausanne, F. Rouge, mars 1900; 1 fasc. in-8°.

Boletin de la Sociedad geografica de Madrid. T. XLII, 1ᵉʳ trimestre de 1900. Madrid, 1900; 1 fasc. in-8°.

Rendiconti del Circolo matematico di Palermo. Tomo XIV, fascicoli 1 e 2, anno 1900. Palermo; 1 fasc. in-8°.

Académie des Sciences de Cracovie. Materialy antropologiczne; t. IV. Cracovie, 1900; 1 vol. in-8°.

Académie des Sciences de Cracovie. Sprawozdania Komisyi fizyograf.; t. XXXIV, 1900; 1 vol. in-8°.

Académie des Sciences de Cracovie. Rozprawy mat.-przyr.; 2ᵉ série; t. 15 (35), t. 17 (35). Cracovie, 1899-1900; 2 vol. in-8°.

U. S. Geological Survey, CHARLES-D. WALCOTT, Director. *Nineteenth annual report* 1897-98, part III, part V (text and atlas); *twentieth annual report* 1898-99, part I. Washington, 1899; 4 vol. in-4°.

ERRATA.

(Séance du 7 mai 1900.)

Page 1221, *au lieu de* M. GRIMAUX, décédé le 5 mai, *lisez* M. GRIMAUX, décédé le 2 mai.

COMPTES RENDUS

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 28 MAI 1900,

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE LÉVY.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Ministre de l'Instruction publique** adresse l'ampliation du Décret par lequel M. le Président de la République approuve l'élection que l'Académie a faite de M. *Darboux*, pour remplir la place de Secrétaire perpétuel pour les Sciences mathématiques, devenue vacante par suite du décès de M. *Joseph Bertrand*.

Il est donné lecture de ce Décret.

Sur l'invitation de M. le Président, M. **Darboux** prend place au Bureau de l'Académie.

M. **Darboux**, en prenant place au Bureau comme Secrétaire perpétuel, adresse ses remercîments à l'Académie.

M. le **Ministre de l'Instruction publique** adresse l'ampliation du Décret par lequel M. le Président de la République approuve l'élection que l'Académie a faite de M. *Joannès Chatin*, pour remplir dans la Section d'Anatomie et Zoologie la place laissée vacante par le décès de M. *Blanchard*.

Il est donné lecture de ce Décret.

Sur l'invitation de M. le Président, M. **Joannès Chatin** prend place parmi ses Confrères.

CHIMIE. — *Formation de l'acide azotique dans les combustions :* II. Soufre ; III. Métaux ; par M. **Berthelot**.

II. — SOUFRE.

« J'ai brûlé le soufre dans l'oxygène renfermant 8 centièmes d'azote, sous différentes pressions et dans l'air atmosphérique.

Première série. — *Oxygène. Combustion centrale. Pression de 25 atmosphères. Volume constant.*

» On opère dans la bombe calorimétrique. Le soufre, cassé en petits morceaux et pris sous un poids voisin de 1 gramme, est placé dans une petite capsule de porcelaine, suspendue au centre de la bombe. Cette capsule étant sujette à rupture, en raison de l'échauffement brusque qui se développe, on a disposé le soufre sur une feuille mince de platine, emboutie dans la capsule. L'inflammation est produite à l'aide d'un fil de platine porté à l'incandescence; elle n'est pas instantanée, le soufre fondant d'abord en raison de la chaleur dégagée par places par la combustion des premières portions en contact avec le fil. Cependant la combustion s'accomplit toujours en un temps très court. On place 20^{cc} d'eau dans la bombe. Après la combustion, on dirige les gaz qui s'échappent par la détente, à travers une solution étendue de potasse, que l'on réunit à l'eau intérieure. Le tout doit conserver une réaction alcaline. On évapore au bain-marie, de façon à faire cristalliser la majeure partie du sulfate et du sulfite de potasse; l'eau mère, étendue avec un peu d'alcool, retient surtout l'azotate. On l'évapore de nouveau, et le résidu est traité dans un petit ballon par le sulfate ferreux mélangé d'acide sulfurique étendu, de

façon à dégager sur la cuve à mercure le bioxyde d'azote, que l'on dose exactement en volume.

» Voici les résultats obtenus :

Poids du soufre brûlé.	AzO^3H.	Pour 1gr de soufre brûlé. AzO^3H.	Pour 1gr de soufre brûlé. Az.
1gr,102	0gr,0045	0,0041	0,0009
1gr,129	0gr,0059	0,0051	0,0011
	Moyenne...	0,0046	0,0010

» Le rapport est celui de $\frac{1}{1000}$ du soufre brûlé. Ces chiffres sont inférieurs à ceux observés avec le carbone amorphe, à poids égal et dans les mêmes conditions, soit 0gr,011, c'est-à-dire 11 fois plus considérable. Si on les rapportait aux poids atomiques, l'écart diminuerait, le rapport devenant $\frac{32}{131}$, c'est-à-dire voisin de $\frac{1}{4}$.

» On remarquera d'ailleurs que l'acide azotique dans la combustion du carbone se produit en présence d'un corps complètement oxydé, l'acide carbonique; tandis que dans la combustion du soufre l'acide azotique se développe en présence d'un corps réducteur, l'acide sulfureux, lequel tend à en limiter la formation.

» *Rapport entre l'oxygène fixé sur le soufre et sur l'azote.* — Ce rapport est celui de 1 à 0,0025, soit $\frac{1}{400}$, ce qui répond à 500 SO^2 : AzO^3H. Le poids de l'azote combiné à l'oxygène est $\frac{1}{1000}$ du poids de l'oxygène uni au soufre.

» *Rendement.*— 1,4 centième ou $\frac{1}{70}$ de l'azote initial contenu dans l'oxygène s'est trouvé changé en acide azotique dans ces expériences.

» *Relations thermochimiques.* — Observons que la chaleur dégagée par la fixation de deux atomes d'oxygène sur un atome de carbone, soit $94^{Cal},3$, surpasse d'un tiers la chaleur dégagée par leur fixation sur un atome de soufre, soit $69^{Cal},3$.

» Les gaz produits, CO^2 et SO^2, renfermant le même nombre d'atomes, et la chaleur spécifique de tels gaz étant supposée la même, en principe, la température théorique développée par la combustion du carbone serait à peu près supérieure d'un tiers à celle du soufre, brûlant dans les mêmes conditions; pourvu toutefois qu'il n'y ait pas dissociation.

» En fait, le platine fond aisément par la flamme de la combustion du carbone dans l'oxygène comprimé, tandis que la feuille mince de platine qui supporte le soufre fond à peine sur les bords.

» *Formation de l'ammoniaque.* — On a brûlé $3^{gr},48$ de soufre dans la bombe. L'ammoniaque formée s'est élevée seulement à $0^{gr},0007$, dose réelle, mais très faible; car elle ne surpasse guère le double des erreurs d'expériences.

» Le rapport entre l'azote ammoniacal et l'azote azotique dans la combustion du soufre serait, d'après les chiffres observés, $\frac{15}{1000}$ ou $\frac{1}{67}$, c'est-à-dire minime, aussi bien que dans la combustion du carbone.

DEUXIÈME SÉRIE. — *Oxygène. Combustion centrale. Pression atmosphérique. On opère à pression constante.*

» Dans un ballon de 4 litres, rempli à l'avance d'oxygène. Trois expériences :

Poids du soufre brûlé.	AzO^3H.	Pour 1^{gr} de soufre brûlé. AzO^3H.	Pour 1^{gr} de soufre brûlé. Az.
gr	gr	gr	gr
0,52	0,000225	0,00043	0,000095
0,55	0,000112	0,000205	0,000045
0,68	0,000282	0,00041	0,00009
	Moyenne......	0,00035	0,00008

La dose relative d'acide azotique a varié notablement avec le soufre, en raison du défaut d'uniformité des combustions, comme avec le carbone, d'ailleurs.

» Le *poids relatif de l'azote changé en acide azotique* dans la combustion du soufre, sous la pression atmosphérique, est environ douze fois plus petit que sous la pression de 25 atmosphères : il représente $\frac{1}{12000}$ du poids du soufre brûlé. L'intervalle entre les deux poids d'azote oxydé, sous ces deux pressions, est d'ailleurs beaucoup moindre pour le soufre que pour le carbone, la dose d'acide azotique formé par la combustion de 1 gramme de carbone étant 60 fois moindre sous une pression d'une atmosphère que sous une pression de 25 atmosphères. Ainsi, le poids de l'azote changé en acide azotique, pendant la combustion d'un gramme de soufre, devient, à la pression d'une atmosphère, la moitié du poids d'acide azotique formé pendant la combustion d'un gramme de carbone; tandis qu'il en représentait le onzième à 25 atmosphères.

» *Rapport entre l'oxygène fixé sur le soufre et sur l'azote.* — Dans la combustion sous la pression atmosphérique, il atteint $\frac{1}{5000}$.

» Le *rendement* est $\frac{1}{800}$ environ de l'azote initial, c'est-à-dire à peu près le même qu'avec le carbone, sous la même pression.

TROISIÈME SÉRIE. — *Air. Pression constante. Combustion progressive.*

» Le soufre a été placé dans une nacelle, et celle-ci dans un tube de verre légèrement chauffé et traversé par un courant d'air, dont le volume a varié de 16^lit (1er essai) à 14^lit (2e essai) et à 9^lit (3e essai).

Poids du soufre brûlé.	AzO^3H	Pour 1^gr de soufre brûlé. AzO^3H.	Az.
gr	gr	gr	gr
0,80 (1)	nul	»	»
1,8	0,00019	0,00010	0,00002
1,5	0,00013	0,000086	0,00002
	Moyenne :	0,0009	0,00002

» La dose d'acide azotique, fournie par la combustion d'un poids donné de soufre dans l'air, est ici le quart de celle obtenue dans l'oxygène; c'est-à-dire qu'elle est à peu près proportionnelle à la tension de ce gaz. Cependant la température est beaucoup plus basse dans l'air, à cause de la nécessité d'échauffer un grand excès d'azote.

» Enfin, la dose d'acide azotique fournie par la combustion d'un même poids soit de soufre, soit de carbone dans l'air, à la pression normale, a été trouvée la même.

» Si on la rapportait aux poids atomiques du soufre et du carbone, elle serait deux fois et demie aussi considérable avec le soufre dans l'air, tandis qu'elle était cinq fois moindre dans l'oxygène sous une pression de 25 atmosphères. Cette inversion montre que la relation entre la formation de l'acide azotique et la tension de l'oxygène est bien différente pour le carbone que pour le soufre.

» Le rapport de l'oxygène combiné à l'azote (sous l'état final d'acide azotique), à l'oxygène combiné au soufre, dans l'air, est $\frac{1}{14000}$ dans les conditions de mes expériences.

» Le *rendement*, c'est-à-dire l'azote combiné, est $\frac{1}{200000}$ de l'azote initial. Avec le carbone brûlant dans l'air, ce rendement est $\frac{1}{500000}$ (2) : il est donc plus fort avec le soufre qu'avec le carbone, dans l'air; inversement de ce

(1) Brûle mal.

(2) Le chiffre $\frac{1}{9000}$ donné à la page 1352 des *Comptes rendus* résulte d'une faute de

qui a été observé plus haut dans l'oxygène comprimé à 25 atmosphères ($\frac{1}{35}$ pour le carbone et $\frac{1}{70}$ pour le soufre), le rendement étant à peu près le même avec l'oxygène pris sous la pression normale.

» Les conclusions relatives à l'influence de la pression sur la formation de l'acide azotique dans la combustion du soufre sont, en définitive, les mêmes que dans la combustion du carbone. Mais la loi de variation est bien différente : ainsi qu'il a été dit, les écarts entre les pressions extrêmes sont beaucoup moindres pour le soufre que pour le carbone. Le fait même de l'oxydation plus forte de l'azote, dans un milieu où la pression de l'oxygène est plus grande, pourrait être attribué, jusqu'à un certain point, à l'accroissement que cette pression produit dans la résistance électrique du milieu. Cet accroissement de pression exerce d'ailleurs une influence non douteuse sur l'intensité et sur le rendement absolu des réactions chimiques accomplies par l'effluve électrique.

» L'influence de l'électricité sur l'oxydation du soufre paraît encore manifeste dans les circonstances suivantes. La combustion du soufre dans l'oxygène, même sec, donne toujours naissance à une dose notable d'acide sulfurique anhydre, SO^3, simultanément avec l'acide sulfureux, produit principal. J'ai même eu l'occasion, il y a quelques années, de signaler en outre la formation simultanée d'un peu d'acide persulfurique, S^2O^7, dans ces combustions. Or l'acide sulfureux et l'oxygène sec ne se combinent pas directement et sans intermédiaire, ni à froid ni à chaud, malgré le caractère exothermique de la combinaison, d'après les expériences spéciales que j'ai faites en vue d'étudier cette réaction. Au contraire, la combinaison a lieu aisément sous l'influence de l'effluve électrique. *A fortiori*, ni l'acide sulfureux, ni l'acide sulfurique ne s'unissent directement à l'oxygène pour former l'acide persulfurique, dont la formation est endothermique (du moins à partir de l'acide sulfurique hydraté). C'est, au contraire, par l'influence de l'électricité, agissant sous forme d'effluve ou de courant, que j'ai obtenu la synthèse de l'acide persulfurique. Son apparition dans les combustions du soufre, aussi bien que celle de l'acide sulfurique anhydre, sont dès lors attribuables à une influence électrique.

---

calcul, le résultat ayant été évalué pour 8 centièmes d'azote mélangés avec 92 centièmes d'oxygène, comme pour les deux premières séries, tandis qu'il doit être rapporté aux proportions de ces deux gaz dans l'air, pour la troisième série.

III. — MÉTAUX.

» J'ai recherché s'il y avait fixation de quelque dose d'azote dans la combustion vive des métaux. J'ai opéré avec le fer et avec le zinc.

» Le fer a été brûlé, sous la forme de fils de clavecin, dans la bombe, avec l'oxygène renfermant 8 centièmes d'azote, sous une pression de 25 atmosphères, à volume constant.

» L'inflammation avait lieu à l'aide d'une spirale portée à l'incandescence par l'électricité. $2^{gr},87$ de fer étant ainsi brûlés, l'eau placée au fond de la bombe n'a présenté ni réaction acide, ni réaction alcaline appréciable. Le dosage de l'acide azotique n'a rien fourni; celui de l'ammoniaque, une quantité évaluable à $\frac{1}{50}$ de milligramme, c'est-à-dire comprise dans les limites d'erreur. La combustion du fer dans l'oxygène, à la pression ordinaire, maintenue constante, n'a rien fourni. La combustion du zinc n'a également rien fourni, toujours sous des poids voisins de 1^{gr} à 2^{gr}.

» Ces combustions doivent être exécutées avec des métaux exempts de carbone et sans faire intervenir d'amorces hydrocarbonées.

» *Relations thermochimiques.* — Si nous comparons la chaleur dégagée par un atome d'oxygène, uni soit au fer, soit au zinc, nous trouvons qu'elle surpasse celle que dégage un atome d'oxygène, uni soit au soufre, soit au carbone.

» En effet, 16^{gr} d'oxygène = O dégagent en formant

FeO...........	$\overset{\text{Cal}}{+65,7}$;	$\frac{1}{3}Fe^2O^3$ anhydre.......	$\overset{\text{Cal}}{+65,2}$
ZnO...........	$+84,8$		
$\frac{1}{2}CO^2$ (1)........	$+48,8$		
$\frac{1}{2}CO^2$.........	$+34,6$		

» Si l'on admettait que la température de combustion est proportionnelle au quotient de la chaleur dégagée par le nombre d'atomes du produit, on voit que le fer et le zinc produiraient une température plus élevée que le carbone. Mais ce calcul est incertain, la chaleur de formation des oxydes métalliques comprenant leur solidification, tandis que les oxydes du carbone et du soufre sont gazeux. En outre, on ignore jusqu'à quel point la dissociation intervient dans ces dernières formations. Tout ce que

(1) C amorphe.

je puis dire, c'est que la température développée par la combustion du fer est si considérable qu'elle fond aisément le platine dans la bombe.

» Quoi qu'il en soit, si la formation de l'acide azotique dans les combustions était attribuable à la haute température de celle-ci, on ne voit pas pourquoi les métaux n'en formeraient pas autant et plus que le carbone et le soufre.

» Au contraire, les résultats négatifs qui ont été observés s'expliquent, si l'on remarque combien les conditions relatives à l'électricité développée sont différentes, suivant que l'on fait intervenir les corps combustibles qui sont mauvais conducteurs à basse température, tels que le soufre et le carbone, ou les corps bons conducteurs, même à froid, tels que le fer et le zinc. Elles ne sont pas moins différentes entre les produits, ceux-ci étant gazeux dans le cas du carbone et du soufre; tandis que les oxydes de fer et de zinc se condensent à l'état disséminé de fumées solides, formées de poudres impalpables, au sein des gaz de la combustion. Ces poudres sont particulièrement susceptibles de décharger les gaz électrisés, attendu que, d'après les dispositions adoptées pour les expériences actuelles, ces fumées sont hygrométriques et qu'elles flottent après refroidissement, au sein de gaz saturés par de la vapeur d'eau; or on connaît l'aptitude de cette vapeur à se condenser sur les corps pulvérulents hygrométriques. Telles sont sans doute les causes de la différence des réactions observées relativement à la formation des combinaisons de l'azote dans les combustions du carbone et du soufre, d'une part, et des métaux de l'autre. »

CHIMIE MINÉRALE. — *Préparation, propriétés et analyse du fluorure de thionyle.* Note de MM. **H. Moissan** et **P. Lebeau**.

« Dans les essais préliminaires que nous avons poursuivis sur l'action du fluor sur le soufre, nous avions reconnu qu'en opérant la combinaison de ces deux corps simples dans un vase de verre, il se formait un mélange de fluorures et d'oxyfluorures de soufre parmi lesquels se rencontrait le fluorure de thionyle, de formule SOF^2.

» Il suffisait, en effet, de faire passer le mélange gazeux dans un petit récipient de verre, refroidi à $-80°$, pour entraîner le fluorure de silicium, qui ne peut se liquéfier à cette température, et obtenir les fluorures de soufre à l'état liquide ou solide. En laissant ensuite le récipient revenir à la tem-

pérature ordinaire, les différents liquides reprenaient successivement l'état gazeux et l'on procédait ainsi à un véritable fractionnement. On rencontrait, dans les portions les moins volatiles, le fluorure de thionyle, dont nous indiquons ici les procédés de préparation et les propriétés.

» Nous rappellerons tout d'abord que ce composé a été signalé, il y a quelques années, par M. Meslans (¹) dans une séance de la Société chimique de Nancy. Ce savant a indiqué que ce gaz pouvait se produire par l'action de certains fluorures métalliques et particulièrement du fluorure de zinc sur le fluorure de thionyle. Cette étude n'a pas été poursuivie par M. Meslans.

Préparation du fluorure de thionyle.

» 1° *Action du fluor sur le chlorure de thionyle.* — Nous avons réalisé cette action du fluor sur le chlorure de thionyle de la façon suivante : Le tube à dégagement, en platine, de l'appareil à fluor, est courbé à angle droit et pénètre dans un tube à essai en verre dont l'orifice a été étiré de manière à en assurer la fermeture hermétique en le soudant directement sur le tube métallique Ce petit appareil contient 2^{cc} à 3^{cc} de chlorure de thionyle. Il est plongé dans un récipient rempli d'acétone dans lequel on peut projeter de l'anhydride carbonique solide de façon à maintenir sa température à quelques degrés au-dessous de 0°. Ce tube à essai est relié par une tubulure latérale avec un ballon à distiller de 30^{cc} entouré, lui aussi, d'un mélange d'acide carbonique et d'acétone à une température de — 80°. Il est destiné à retenir le fluorure de thionyle liquéfié. La tubulure de ce ballon est recourbée et sert de tube abducteur. Un robinet à trois voies, placé sur son parcours, permet de mettre l'appareil en communication soit avec l'atmosphère, soit avec un générateur d'azote pur et sec.

» On commence par remplir l'appareil de gaz azote, puis on soude le tube à essai au tube de platine qui amène le fluor. Enfin, on établit la communication de l'appareil avec l'atmosphère. Dès que le fluor arrive par le tube métallique à la surface du chlorure de thionyle, il se produit une flamme bleue très pâle. De l'anhydride carbonique est projeté alors dans l'acétone afin d'éviter toute élévation de température qui déterminerait l'attaque du verre.

(¹) Meslans, *Bull. Soc. chim.*, t. XV, p. 391.

» L'expérience demande une heure à une heure et demie et l'on sépare ensuite, au moyen de la flamme du chalumeau, le petit ballon dans lequel le gaz a été liquéfié.

» Le tube abducteur est alors coupé par un trait de tire-point, et l'on en plonge l'extrémité dans une cuve à mercure. On laisse enfin la température s'élever lentement et l'on recueille le gaz qui se dégage entre — 30° et — 40°, en ayant soin de laisser perdre les premières portions.

» Le gaz, que l'on obtient dans cette préparation, n'est pas pur, il renferme une petite quantité de chlore que l'on élimine par agitation avec du mercure, mais il contient aussi un oxyfluorure de soufre inabsorbable par l'eau et qui est beaucoup plus volatil. Ce dernier peut être éliminé par une série de liquéfactions, puis de distillations fractionnées analogues à celles que nous venons de décrire. L'existence d'un autre oxyfluorure et celle du chlore libre établissent que l'action du fluor sur le chlorure de thionyle est plus compliquée qu'on ne l'aurait supposé tout d'abord. En même temps que la réaction principale qui donne naissance au fluorure de thionyle, il se produit un certain nombre de réactions secondaires plus ou moins complexes. Ces expériences nous ont fait préférer le mode suivant de préparation.

« 2° *Action du fluorure d'arsenic sur le chlorure de thionyle.* — Le chlorure de thionyle pur et récemment rectifié peut être mélangé au trifluorure d'arsenic bien privé d'eau sans donner naissance, tout d'abord, à aucune réaction. Mais, à la température ordinaire du laboratoire, après quelques minutes de contact, le mélange s'échauffe et il se produit un abondant dégagement gazeux. Il se fait une double décomposition avec formation de fluorure d'arsenic et de chlorure de thionyle.

» Voici comment l'expérience est disposée : On fait un mélange de $26^{gr},4$ de fluorure d'arsenic et de 35,7 de chlorure de thionyle, répondant à l'équation suivante :

$$2\,AsF^3 + 3\,SOCl^2 = 3\,SOF^2 + 2\,AsCl^3.$$

» Ce mélange est rapidement introduit dans des tubes en verre de Bohême de 20^{mm} de diamètre, fermés à leur extrémité. Chaque tube peut contenir environ 2^{cc} du mélange. La partie inférieure de ces tubes est aussitôt refroidie pour empêcher la réaction de se produire, puis ils sont étirés et scellés à la lampe. Ces tubes sont ensuite maintenus pendant 30 minutes à + 100°. Après refroidissement complet, le tube est amené à une température de — 80° pour liquéfier le fluorure de thionyle. On sé-

pare la partie étirée par un trait de lime et l'on adapte un tube à dégagement qui se rend sur la cuve à mercure. Dès que la température du tube arrive aux environs de — 35°, le fluorure de thionyle se produit en abondance. Les dernières portions du gaz se dégagent plus lentement à cause de la solubilité du fluorure de thionyle dans le chlorure d'arsenic.

» Le gaz recueilli renferme une petite quantité de fluorure d'arsenic ou de chlorure de thionyle. On enlève ces impuretés en le faisant passer dans un petit serpentin de verre refroidi à — 23° (ébullition tranquille du chlorure de méthyle) et si cela est nécessaire au moyen d'une nouvelle liquéfaction.

» Un certain nombre de fluorures métalliques réagissent de même sur le chlorure de thionyle en donnant le nouveau gaz fluorure de thionyle et un chlorure métallique. Mais, dans la plupart de ces doubles réactions, la décomposition se produit à une température assez élevée pour que le silicium du verre intervienne en produisant, comme nous l'expliquerons plus loin, un mélange de fluorure de silicium, d'anhydride sulfureux et d'oxyfluorure de soufre. Si l'on opère dans des vases métalliques, ces derniers sont rapidement attaqués et l'on n'obtient que fort peu de gaz. Au contraire, la préparation par le fluorure d'arsenic nous a donné de très bons rendements.

» *Propriétés.* — Le fluorure de thionyle est un gaz incolore, fumant légèrement à l'air humide, d'une odeur suffocante aussi désagréable que celle de l'oxychlorure de carbone. Son point d'ébullition est voisin de — 32°; sa densité a été déterminée au moyen de l'appareil de MM. Moissan et Gautier. Trois déterminations faites sur des échantillons différents nous ont donné les chiffres suivants :

1.	2.	3.	Théorie.
3,04	2,90	2,88	2,97

» Il est soluble dans le chlorure d'arsenic, dans l'éther, dans l'essence de térébenthine et dans la benzine.

» La moyenne de ces expériences fournit le chiffre 2,93.

» L'action d'une étincelle d'induction très chaude sur le fluorure de thionyle est assez curieuse. Avant que la paroi de verre ait eu le temps de s'échauffer, on voit nettement la surface du mercure se ternir avec rapidité. En même temps le verre se dépolit et il ne tarde pas à se produire du fluorure de silicium et de l'anhydride sulfureux. Lorsque l'étincelle a

passé pendant une demi-heure, la décomposition est encore incomplète. Sous l'action de l'étincelle, il y a eu d'abord dissociation de l'oxyfluorure de soufre, mise en liberté d'une petite quantité de fluor, puis formation de fluorure de silicium, dès que le verre intervient dans la réaction.

» Si nous chauffons le fluorure de thionyle dans une cloche courbe en verre, la réaction est différente. Si le gaz et le verre sont bien privés d'humidité, la décomposition ne se produit pas avant 400°. Une trace d'eau peut, comme cela arrive souvent, abaisser la température de la décomposition. Lorsque cette décomposition se produit, il se fait du fluorure de silicium et de l'anhydride sulfureux sans que la surface du mercure soit ternie. La réaction peut être totale, mais il est nécessaire de chauffer très longtemps. Elle nous a servi, ainsi que nous le verrons plus loin, à établir la composition en volume du fluorure de thionyle. Elle est représentée par la formule suivante :

$$\underset{4\ \text{vol.}}{2SOF^2} + SiO^2 = \underset{2\ \text{vol.}}{SiF^4} + \underset{4\ \text{vol.}}{2SO^2}.$$

» L'hydrogène ne paraît pas réagir sur le fluorure de thionyle au-dessous de la température de décomposition du gaz dans le verre.

» Si l'on chauffe un mélange d'hydrogène et de fluorure de thionyle dans une cloche courbe, le volume gazeux augmente dès que l'attaque du verre se produit. Il diminue ensuite aussitôt que l'on atteint la température de ramollissement du verre. Il se dépose alors sur les parois de la cloche courbe du soufre, puis des gouttelettes d'un liquide incolore et très acide. Le gaz restant contient du fluorure de silicium et de l'hydrogène sulfuré. En un mot, l'hydrogène a réagi sur l'acide sulfureux produit dans la décomposition du fluorure de thionyle par le verre. Il a donné naissance à du soufre, de l'hydrogène sulfuré et de l'eau. Cette dernière, agissant sur le fluorure de silicium, a produit une petite quantité d'acide hydrofluosilicique, ce qui explique la complexité du mélange final produit dans cette réaction.

» Sous l'influence de l'étincelle, l'action de l'hydrogène sur le fluorure de thionyle est identique à la précédente, mais elle se produit beaucoup plus facilement. Il se fait d'abondantes fumées blanches et un dépôt de soufre, et l'on constate, dans le gaz, la présence de l'hydrogène sulfuré et du fluorure de silicium. On sait d'ailleurs combien ces réactions données par l'étincelle d'induction sont complexes, et M. Berthelot vient d'en fournir

un nouvel exemple dans ses « Recherches sur la formation de l'acide azotique pendant les combustions [1] ».

» L'oxygène est sans action sur le fluorure de thionyle, lorsque l'on chauffe le mélange des deux gaz dans une cloche courbe de verre. L'oxyfluorure se décompose comme s'il était seul. Il n'en est plus de même lorsque l'on fait agir l'étincelle d'induction sur un mélange d'oxygène et de fluorure de thionyle. Si la température n'est pas trop élevée, il se produit une certaine quantité d'un nouvel oxyfluorure de soufre inabsorbable par l'eau et absorbable par la potasse. Enfin, avec une étincelle très faible, il se produit un mélange d'anhydride sulfureux et de fluorure de silicium.

» Le soufre et le phosphore ne réagissent pas sur le fluorure de thionyle à une température de 500°.

» Le sodium le décompose vers son point de fusion et l'absorption du gaz est complète. La réaction est identique avec l'étain, seulement le fluorure d'étain fondu attaquant le verre, il se produit une petite quantité de gaz fluorure de silicium.

» L'eau décompose le fluorure de thionyle assez lentement à la température ordinaire. Cette décomposition est activée par l'agitation. Il se produit de l'acide sulfureux et de l'acide fluorhydrique d'après l'équation suivante :

$$SOF^2 + H^2O = SO^2 + 2HF.$$

Un gaz inerte ralentit beaucoup cette réaction.

» L'hydrogène sulfuré ne réagit pas à froid sur le fluorure de thionyle, mais à chaud il se produit du soufre, de l'eau et de l'acide fluorhydrique.

» Le gaz ammoniac fournit avec le fluorure de thionyle une réaction assez complexe. Au contact d'une petite quantité d'ammoniac, il se produit une matière solide d'un jaune orangé qui tapisse tout le tube et dont la quantité augmente par des additions successives d'ammoniac. Si l'on continue l'addition de ce dernier gaz, l'absorption devient plus rapide et la teinte du composé orangé disparaît peu à peu. Finalement, le produit est blanc. La première phase de la réaction a lieu avec une fixation de $5AzH^3$ pour $2SOF^2$. La seconde se produit lorsque l'on a $7AzH^3$ pour $2SOF^2$. Le produit blanc final est décomposable par l'acide chlorhydrique avec dégagement de gaz sulfureux et dépôt de soufre.

---

(1) BERTHELOT, *Recherches sur la formation de l'acide azotique pendant les combustions* (*Comptes rendus*, t. CXXX, p. 1345).

» Le gaz acide chlorhydrique réagit à froid sur le fluorure de thionyle et le mélange gazeux, qui diminue lentement, ne tarde pas à attaquer le mercure.

» *Analyse.* — 1° L'action de la chaleur sur le fluorure de thionyle en présence du verre permet d'établir la composition de ce gaz en volume. En effet, 4 volumes SOF^2 doivent donner 4 volumes de SO^2 et 2 volumes de SiF^4.

	Volume de gaz.	SiF^4.	SO^2.
Trouvé	6,8	3,1	6,1
Calculé	»	3,3	6,3

» 2° On a traité un volume déterminé de fluorure de thionyle par l'eau. Lorsque l'absorption est complète, le liquide est traité par une solution titrée d'iode qui permet de doser le soufre. Dans le liquide ainsi obtenu, on précipite le fluor sous forme de fluorure de calcium. Ce dernier se dépose en même temps qu'une certaine quantité de sulfate de calcium. Le mélange est desséché, pesé, puis converti entièrement en sulfate, ce qui permet de déterminer le fluor :

	1.	2.	Théorie.
Fluor	44,10	44,40	44,1
Soufre	36,30	36,85	37,1

» 3° Pour vérifier les analyses précédentes, on a disposé dans un tube de verre deux ampoules renfermant des poids exactement déterminés de fluorure d'arsenic et de chlorure de thionyle, ce dernier étant en excès par rapport à la formule de double décomposition.

» Le tube a été scellé, les ampoules ont été cassées ensuite par agitation; l'extrémité inférieure du tube a été ensuite abandonnée pendant douze heures, à la température de 100°. Après refroidissement à — 80°, le tube a été ouvert et le gaz produit a été recueilli à l'aide de la trompe à mercure. Volume de gaz : 214^{cc}; absorbable par l'eau : 193^{cc} ($H = 764$, $T = 17$). Le volume à 0° et à 760^{mm} est de $182^{cc},63$. La quantité de gaz exigée par l'équation précédente serait 176^{cc}. Cette expérience, qui a été répétée deux fois, établit donc l'exactitude de l'équation indiquée ci-dessus et vérifie la formule du fluorure de thionyle. »

THERMODYNAMIQUE. — *Sur les lois des chaleurs spécifiques des fluides;* par M. **E.-H. Amagat.**

« En 1895, M. Witkowski, partant de ses isothermes de l'air aux basses températures, et moi-même partant des réseaux de divers gaz et des expériences de M. Joly sur les chaleurs spécifiques sous volume constant, avons énoncé quelques-unes des lois relatives aux variations des chaleurs spécifiques des gaz; M. Tsuruta a, depuis, fait aussi des recherches intéressantes dans la même direction, relativement à l'air et à l'hydrogène; l'ensemble de ces résultats est, en général, conforme aux déterminations directes dues à M. Lussana; mais il paraît difficile que de telles déterminations expérimentales puissent être poursuivies jusque sous des pressions très élevées; dans ces conditions, les chaleurs spécifiques soit sous volume constant, soit sous pression constante ne peuvent donc qu'être déduites par le calcul de leur valeur prise sous des pressions abordables à l'expérience et de la connaissance des rapports existant entre le volume, la pression et la température; les relations bien connues qui peuvent servir à ces calculs sont les suivantes :

$$(1) \qquad \frac{dc}{dv} = \mathrm{AT}\frac{d^2p}{dt^2},$$

$$(2) \qquad \frac{dC}{dp} = -\mathrm{AT}\frac{d^2v}{dt^2},$$

$$(3) \qquad C - c = \mathrm{AT}\frac{dp}{dt}\frac{dv}{dt}.$$

» Les calculs faits jusqu'ici n'ont point porté sur la région des réseaux englobant l'état de saturation et le point critique; cette partie, la plus intéressante, est aussi celle qui présente le plus de difficultés.

» Je me suis proposé l'étude de la question, pour l'acide carbonique, dans toute l'étendue du réseau que j'en ai donné, c'est-à-dire jusqu'à 1000 atmosphères entre 0° et 260°. Dans cette Note préliminaire, je ne parlerai que de l'application de la relation (2) et sans insister pour le moment sur les détails, je dirai seulement que tous les calculs ont été faits graphiquement : j'ai d'abord construit un réseau de quarante-trois lignes d'égale pression (les températures étant comptées sur les abscisses) dont

les tangentes m'ont fourni pour vingt-cinq températures convenablement réparties, un premier tableau de valeurs de $\frac{dv}{dt}$ contenant plus de mille déterminations; un graphique de ces valeurs portées en ordonnées m'a de même permis d'obtenir un tableau des valeurs correspondantes de $\frac{d^2v}{dt^2}$. La difficulté de ces déterminations est en grande partie dans les changements continuels d'échelle, nécessités par les variations énormes des ordonnées qui deviennent infinies à la température critique et varient dans mon tableau dans le rapport de un à dix mille.

» La figure ci-jointe représente une partie seulement de ces résultats, les valeurs de $\frac{d^2v}{dt^2}$ portées en ordonnées constituent les isothermes affectées chacune de la température qui lui correspond, les pressions sont portées en abscisses. Les isothermes n'ont été tracées ici que jusqu'à 100° et les pressions limitées à 200 atmosphères; on voit qu'il eût été impossible, vu le resserrement des lignes, d'étendre davantage ces limites avec l'échelle adoptée.

» Il est facile maintenant à la simple inspection de ce réseau, et c'est à cela que se bornera la présente Communication, de voir de suite l'ensemble d'un certain nombre des lois des variations de C à température constante.

» L'équation de l'une des isothermes du réseau étant $\frac{d^2v}{dt^2} = \varphi(p)$, on a d'après (2)

$$\frac{dC}{dp} = - AT\varphi(p),$$

et, par suite,

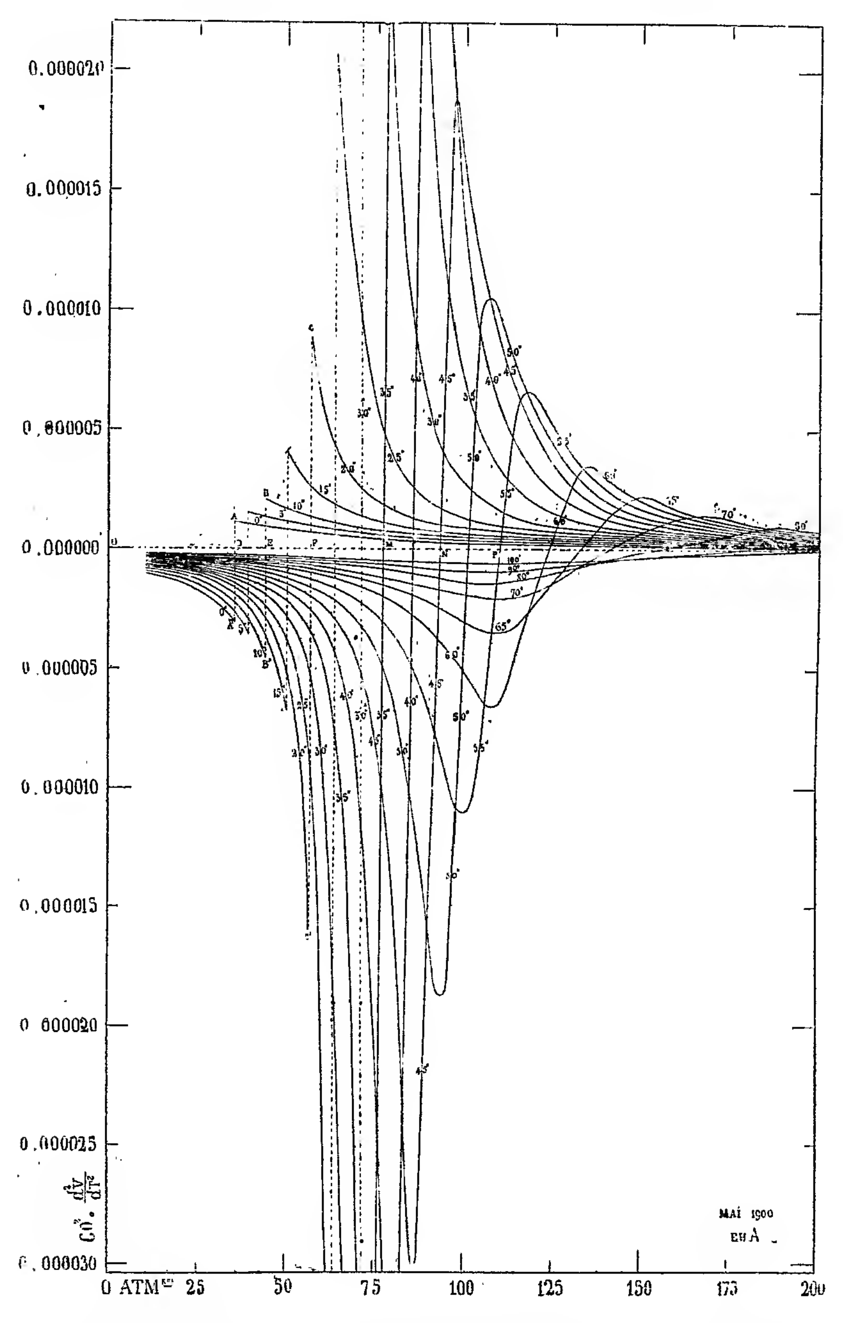
$$C - C_0 = - AT\int_{p_0}^{p_1} \varphi(p)\,dp. \tag{4}$$

» Pour une température donnée, les variations de C avec la pression (depuis une valeur connue C_0) seront donc données à la constante AT pres par l'aire comprise entre l'isotherme, l'axe des pressions, l'ordonnée correspondant à p_0 et l'ordonnée variable.

» Le diagramme montre que les isothermes se composent de deux parties, dont les ordonnées sont de signes contraires. Pour les températures supérieures à la température critique ces isothermes sont continues, les autres sont discontinues.

» Dans le premier cas, les aires étant d'abord négatives, il résulte de la

relation (4) que C augmente avec la pression d'abord rapidement (surtout



pour les températures basses), puis moins rapidement, acquiert sa valeur

maxima sous la pression correspondant à l'intersection de l'isotherme avec l'axe des pressions, diminue ensuite, d'abord rapidement, puis de moins en moins rapidement quand la pression continue à croître.

» On voit aussi de suite, que la pression pour laquelle C est maximum, croît continuellement avec la température.

» Pour des températures inférieures à la température critique, chaque isotherme se compose de deux parties séparées, l'une à ordonnées négatives pour laquelle le corps est gazeux et qui se termine en un point tel que A′ correspondant à l'état de saturation, l'autre à ordonnées positives pour laquelle le corps est liquide et qui commence en un point tel que A correspondant aussi à l'état de saturation. J'ai réuni ces deux points par des lignes telles que AA′, BB′, CC′, qui sont ponctuées pour indiquer qu'elles ne font pas partie de l'isotherme qui est discontinue.

» On voit qu'ici encore, C commence par croître avec la pression, jusqu'à la tension maxima; il doit alors subir avec le changement d'état une variation dont je donnerai plus loin le calcul, puis décroît indéfiniment et de moins en moins rapidement, la pression continuant à croître. Il résulte de là que quel que soit le signe de la variation accompagnant le changement d'état, le maximum de C a lieu sous la tension maxima, c'est-à-dire comme après le point critique sous des pressions croissant avec la température; ces pressions forment donc une suite régulière qui permettrait de prolonger en quelque sorte la courbe des tensions maxima au delà du point critique.

» L'inspection du diagramme montre de suite que les valeurs maxima de C sont d'autant plus grandes qu'on se rapproche davantage de la pression critique soit avant, soit après celle-ci; pour le point critique le maximum prend une valeur infinie.

» Si nous remarquons maintenant l'espace limité que doivent occuper, dans la partie négative, toutes les isothermes non tracées, depuis 100° jusqu'aux températures les plus élevées, et d'autre part le resserrement rapide du réseau dans la partie positive, sous des pressions croissantes, les lois limites apparaissent de suite : Pour l'état gazeux les variations de C décroissent indéfiniment quand la température croît, et deviennent forcément extrêmement petites, même en tenant compte du facteur constant proportionnel à la température absolue. Pour une température quelconque, à partir d'une certaine pression, ces mêmes variations diminuent aussi indéfiniment quand la pression croît et deviennent aussi extrêmement petites.

» Il reste encore à voir comment on pourra calculer la variation de C accompagnant le changement d'état.

» Partons des relations bien connues

$$m = C + h\frac{dp}{dt},$$

$$m' = C' + h'\frac{dp}{dt},$$

desquelles on tire, u et u' étant les volumes spécifiques à saturation,

$$C - C' = m - m' - (h - h')\frac{dp}{dt} = m - m' - AT\frac{dp}{dt}\left[\frac{\delta(u' - u)}{dt}\right]_p,$$

soit, en remplaçant $m - m'$ par sa valeur,

$$C - C' = \frac{\lambda}{T} - \frac{d\lambda}{dt} - AT\frac{dp}{dt}\left[\frac{\delta(u' - u)}{dt}\right]_p.$$

» Il est préférable d'éliminer la chaleur latente λ; pour cela, il suffit de différentier l'expression de λ

$$\lambda = AT(u' - u)\frac{dp}{dt}.$$

On obtient ainsi la relation

$$\frac{d\lambda}{dT} - \frac{\lambda}{T} = AT\frac{dp}{dt}\frac{d(u' - u)}{dt} + AT(u' - u)\frac{d^2p}{dt^2},$$

qui permet d'éliminer les deux termes contenant λ.

» On a donc finalement :

$$C - C' = AT\left\{(u - u')\frac{d^2p}{dt^2} + \frac{dp}{dt}\left[\frac{\delta(u - u')}{dt}\right]_p + \frac{dp}{dt}\frac{d(u - u')}{dt}\right\}.$$

» Le calcul de la formule n'exigera donc point d'autres données expérimentales que celles déjà nécessaires pour calculer jusqu'à saturation les valeurs de $\frac{d^2p}{dt^2}$; il est facile de voir que les deux premiers termes de $(C - C')$ sont négatifs et le dernier positif, on ne peut donc en déterminer le signe *a priori*, je reviendrai sur ce point.

» Un calcul analogue conduit, pour la variation de la chaleur spécifique à volume constant, à une relation correspondante que j'utiliserai aussi plus tard.

» L'examen des variations de C avec la température, celui des lois correspondantes pour les chaleurs spécifiques à volume constant, ainsi que les valeurs numériques de ces diverses variations, feront l'objet de Notes ultérieures. »

NOMINATIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Vice-Président pour l'année 1900, en remplacement de M. *Milne-Edwards*.

Au premier tour de scrutin, le nombre des votants étant de 44,

M. Fouqué obtient. . . . . 43 suffrages.

Il y a un bulletin blanc.

M. **Fouqué**, ayant obtenu la majorité des suffrages, est proclamé Vice-Président pour l'année 1900 et vient, sur l'invitation de M. le Président, prendre place au Bureau.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à la nomination d'un Correspondant pour la Section de Mécanique, en remplacement de M. *Beltrami.*

M. **Boltzmann**, ayant obtenu l'unanimité des suffrages, est élu Correspondant de l'Académie.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à la nomination de diverses Commissions.

Le dépouillement des scrutins donne les résultats suivants :

Commission chargée de juger le concours du prix Boileau pour 1900. — MM. Boussinesq, Sarrau, Maurice Lévy, Léauté, Deprez.

Commission chargée de juger le concours du prix Cahours pour 1900. — MM. Troost, Moissan, Gautier, Lemoine, Ditte.

Commission chargée de juger le concours du prix Saintour pour 1900. — MM. Cornu, Marey, Moissan, Bouquet de la Grye, Lœwy.

Commission chargée de présenter une question de « Grand prix des Sciences mathématiques » pour 1900. — MM. Poincaré, Jordan, Picard, Darboux, Appell.

Commission chargée de présenter une question de prix Bordin (Sciences

mathématiques) *pour* 1900. — MM. Jordan, Darboux, Poincaré, Appell, Picard.

Commission chargée de présenter une question de prix Gay pour 1900. — MM. Bouquet de la Grye, Grandidier, Hatt, Bassot, de Lapparent.

Commission chargée de présenter une question de prix Pourat pour 1900. — MM. Marey, d'Arsonval, Chauveau, Bouchard, Ranvier.

Commission chargée de présenter une question de prix Damoiseau pour 1900. — M. Faye, Lœwy, Wolf, Callandreau, Janssen.

Commission chargée de présenter une question de prix Vaillant pour 1900. — MM. Darboux, Maurice Lévy, Cornu, Faye, Berthelot.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Un volume ayant pour titre : « Expédition norvégienne au pôle Nord (1893-1896). Résultats scientifiques », tome I[er], publié par M. *Fridtjof Nansen*. (Présenté par S. A. le prince de Monaco.)

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur des suites remarquables de sous-groupes d'un groupe de substitutions ou de transformations de Lie.* Note de M. **Edmond Maillet**, présentée par M. Jordan [1].

» En nous appuyant sur des résultats déjà indiqués par nous, nous avons obtenu pour les groupes de substitutions entre n lettres, les lemmes ou théorèmes suivants :

» Lemme I. — *Soient* U *et* T *deux groupes échangeables aux groupes* S, Σ_1, Σ_2, ..., U *étant maximum parmi les sous-groupes de* $T < T_1$ *et échangeables à ces groupes, et* Σ_1, Σ_2, ... *étant contenus dans* S; U_1 *le groupe commun à* S *et* T, V *le groupe commun à* S *et* U, *contenu dans* U_1, u, t, s, u_1, v_1 *les ordres respectifs de* U, T, S, U_1, V_1 : $B = S \times U$ *est égal à* $A = S \times T$ *ou est un sous-groupe maximum de* A *suivant que* $v < u_1$, *d'où* $\frac{t}{v} = \frac{u}{v}$, *ou* $v = u_1$.

[1] *Bull. Soc. Math.*, t. XXVIII, p. 1; 1900. Les théorèmes qui suivent sont inspirés de certaines idées de M. Jordan (*Traité des subst.*, p. 34).

LEMME II. — *Soient*

(1) $E, R, S, T, U, V, \ldots, X, Y, 1,$

une suite de groupes tels que chacun soit compris dans le précédent,

$$S_1, \Sigma_1, \Sigma_2, \ldots,$$

une suite de sous-groupes de E *dont chacun est contenu dans le précédent. Supposons, ce qui est toujours possible, la suite* (1) *déterminée de manière que chacun de ses groupes soit maximum dans le précédent parmi les sous-groupes de ce précédent échangeables à* $S_1, \Sigma_1, \Sigma_2, \ldots$ *On peut déterminer au moins une suite*

(2) $E, R_1, S_1, T_1, \ldots, X_1, Y_1, 1,$

analogue à (1), *contenant* S_1, *dont chaque groupe est contenu dans le précédent, échangeable à* $\Sigma_1, \Sigma_2, \ldots$, *échangeable à tous les groupes* (1) *et maximum parmi les sous-groupes du précédent échangeables à tous les groupes* (1) *et à* $\Sigma_1, \Sigma_2, \ldots$ *Par suite* (1) *jouit aussi par rapport à* (2) *de cette dernière propriété.*

» *Si*

$$e, r, s, t, \ldots x, y, 1,$$
$$e, r_1, s_1, t_1, \ldots, x_1, y_1, 1,$$

sont les ordres respectifs des groupes (1) *et* (2), *les nombres*

$$\frac{e}{r}, \frac{r}{s}, \frac{s}{t}, \ldots$$

sont les mêmes, à l'ordre près, que les nombres

$$\frac{e}{r_1}, \frac{r_1}{s_1}, \frac{s_1}{t_1}, \ldots;$$

» THÉORÈME I. — *Soient*

$$E, R, S, T, U, V, \ldots, X, Y, 1,$$
$$E, R', S', T', U', V', \ldots, X', Y', 1,$$

deux suites de groupes dont le premier est le même et tels que dans chaque suite chacun soit compris dans le précédent. Supposons que ces deux suites soient telles que chacun de leurs groupes soit maximum dans le précédent parmi les

sous-groupes de ce précédent échangeables à tous ceux de l'autre suite. Les nombres

$$\frac{e}{r},\ \frac{r}{s},\ \frac{s}{t},\ \ldots$$

sont les mêmes, à l'ordre près, que les nombres

$$\frac{e}{r'},\ \frac{r'}{s'},\ \frac{s'}{t'},\ \ldots.$$

» En se basant sur deux lemmes analogues aux lemmes I et II, on obtient encore le théorème II analogue au théorème I :

» Théorème II. — *Soient*

$$\begin{array}{cccccccccc} E, & R, & S, & T, & U, & V, & \ldots, & X, & Y, & 1, \\ E, & R, & S', & T', & U', & V', & \ldots, & X', & Y', & 1, \end{array}$$

deux suites de groupes tels que dans chaque suite chacun soit compris dans le précédent, le premier et le dernier groupe > 1 *de chaque suite coïncidant. Supposons que ces deux suites soient telles que chacun de leurs groupes soit maximum dans le précédent parmi les facteurs de* E *et de ce précédent échangeables à tous ceux de l'autre suite.*

» *Les nombres*

$$\frac{e}{r},\ \frac{r}{s},\ \frac{s}{t},\ \ldots$$

sont les mêmes, à l'ordre près, que les nombres

$$\frac{e}{r'},\ \frac{r'}{s'},\ \frac{s'}{t'},\ \ldots.$$

» On peut faire application de ce qui précède au groupe cinq fois transitif de Mathieu de degré 12 (théorème I), à tous les groupes deux fois transitifs de degré n (théorème I), à un groupe deux fois transitif de degré 11 et de classe 10 (théorème II).

» Tout groupe décomposable ([1]) donne toujours naissance à deux suites au moins analogues à celles du lemme II et du théorème I.

» Les propriétés précédentes s'appliquent de suite dans l'étude de l'abaissement du degré des équations, au point de vue du degré des diverses réduites d'une équation donnée.

([1]) Pour la définition de ce mot, voir nos Notes du *Bull. de la Soc. Math.*, t. XXIV, p. 85; 1896, et t. XXVIII; 1890.

» Ces propriétés s'appliquent encore aux groupes d'opérations considérés, par exemple, par MM. W. Dyck et Frobenius et aux groupes finis considérés, par exemple, par M. Jordan dans la théorie des équations différentielles linéaires à intégrales algébriques; enfin, elles s'appliquent avec une démonstration identique, à condition de remplacer (¹) les quotients $\frac{r}{s}$, $\frac{s}{t}$, $\cdots$ par des différences $r - s$, $s - t$, $\ldots$, aux groupes finis continus de transformations de Lie. »

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les équations aux dérivées partielles du troisième ordre qui admettent une intégrale intermédiaire*. Note de M. **Alf. Guldberg**, présentée par M. Picard.

» Soit donnée l'équation aux dérivées partielles du troisième ordre

$$\text{(I)}\quad A\alpha + B\beta + C\gamma + D\delta + E(\beta^2 - \alpha\gamma) + F(\gamma^2 - \beta\delta) + G(\alpha\delta - \beta\gamma) + H = 0,$$

où les coefficients A, B, ..., H sont des fonctions quelconques de x, y, z, p, q, r, s, t, et où α, β, γ, δ désignent les dérivées du troisième ordre

$$\alpha = \frac{\partial^3 z}{\partial x^3},\qquad \beta = \frac{\partial^3 z}{\partial x^3\,\partial y},\qquad \gamma = \frac{\partial^3 z}{\partial x\,\partial y^2},\qquad \delta = \frac{\partial^3 z}{\partial y^3}.$$

» Si l'équation donnée admet une intégrale intermédiaire

$$u = f(v),$$

u et v étant des fonctions quelconques de x, y, z, p, q, r, s, t, toute intégrale intermédiaire de l'équation donnée doit satisfaire au système suivant d'équations aux dérivées partielles du premier ordre

$$\text{(A)}\quad \left\{\begin{aligned}
&E\frac{\partial f}{\partial t} + F\frac{\partial f}{\partial r} + G\frac{\partial f}{\partial s} = 0,\\
&A\left(\frac{\partial f}{\partial x}\right)\frac{\partial f}{\partial t} + D\left(\frac{\partial f}{\partial y}\right)\frac{\partial f}{\partial r} - G\left(\frac{\partial f}{\partial x}\right)\left(\frac{\partial f}{\partial y}\right) - H\frac{\partial f}{\partial r}\frac{\partial f}{\partial t} = 0,\\
&A\frac{\partial f}{\partial s}\frac{\partial f}{\partial t} - B\frac{\partial f}{\partial r}\frac{\partial f}{\partial t} + D\left(\frac{\partial f}{\partial r}\right)^2 - F\left(\frac{\partial f}{\partial y}\right)\frac{\partial f}{\partial r} - G\left(\frac{\partial f}{\partial x}\right)\frac{\partial f}{\partial r} - G\left(\frac{\partial f}{\partial y}\right)\frac{\partial f}{\partial s} = 0,\\
&A\left(\frac{\partial f}{\partial t}\right)^2 - C\frac{\partial f}{\partial r}\frac{\partial f}{\partial t} + D\frac{\partial f}{\partial s}\frac{\partial f}{\partial t} - E\left(\frac{\partial f}{\partial x}\right)\frac{\partial f}{\partial t} - G\left(\frac{\partial f}{\partial y}\right)\frac{\partial f}{\partial t} - G\left(\frac{\partial f}{dx}\right)\frac{\partial f}{\partial s} = 0,
\end{aligned}\right.$$

(¹) Comparer Picard, *Traité d'Analyse*, t. III, p. 508.

où $\left(\frac{\partial f}{\partial x}\right)$ et $\left(\frac{\partial f}{\partial y}\right)$ désignent respectivement $\frac{\partial f}{\partial x}+p\frac{\partial f}{\partial z}+r\frac{\partial f}{\partial p}+s\frac{\partial f}{\partial q}$ et $\frac{\partial f}{\partial y}+q\frac{\partial f}{\partial z}+s\frac{\partial f}{\partial p}+t\frac{\partial f}{\partial q}$.

» Supposé $G \neq 0$, le système (A) peut donc se mettre sous la forme

$$(B)\quad \begin{cases} E\frac{\partial f}{\partial t}+F\frac{\partial f}{\partial r}+G\frac{\partial f}{\partial s}=0, \\ \left[A\frac{\partial f}{\partial t}-G\left(\frac{\partial f}{\partial y}\right)+\mu F\frac{\partial f}{\partial r}\right]\left[\mu\frac{\partial f}{\partial t}+\left(\frac{\partial f}{\partial x}\right)-\frac{D}{G}\frac{\partial f}{\partial r}\right]=0, \\ \left[D\frac{\partial f}{\partial r}-G\left(\frac{\partial f}{\partial x}\right)+\lambda E\frac{\partial f}{\partial t}\right]\left[\lambda\frac{\partial f}{\partial r}+\left(\frac{\partial f}{\partial y}\right)-\frac{A}{G}\frac{\partial f}{\partial t}\right]=0, \end{cases}$$

où λ et μ sont déterminés par les deux équations du second degré

$$EG\lambda^2+(AF+BG)\lambda+HG-AD=0,$$
$$FG\mu^2+(ED+CG)\mu+HG-AD=0.$$

» Du système (B) l'on déduira comme les seuls systèmes dont l'intégration est équivalente à celle de l'équation donnée (I),

$$(C)\quad \begin{cases} E\frac{\partial f}{\partial t}+F\frac{\partial f}{\partial r}+G\frac{\partial f}{\partial s}=0, \\ A\frac{\partial f}{\partial t}-G\left(\frac{\partial f}{\partial y}\right)+\mu F\frac{\partial f}{\partial r}=0, \\ D\frac{\partial f}{\partial r}-G\left(\frac{\partial f}{\partial x}\right)+\lambda E\frac{\partial f}{\partial t}=0. \end{cases}$$

où il faut que

$$\lambda\mu=\frac{AD-HG}{EF}.$$

Des systèmes (C) on est immédiatement conduit aux systèmes suivants d'équations ordinaires :

$$(E)\quad \begin{cases} G\,dr+D\,dx+\mu F\,dy-F\,ds=0, \\ G\,dt+\lambda E\,dx+A\,dy-E\,ds=0, \\ dp-r\,dx-s\,dy=0, \\ dq-s\,dx-t\,dy=0, \\ dz-p\,dx-q\,dy=0. \end{cases}$$

» Si un de ces derniers systèmes admet, par exemple, deux combinaisons intégrables

$$u=a,\qquad v=b$$

l'équation donnée admet l'intégrale intermédiaire

$$u = f(v).$$

» Je réserve de faire la discussion détaillée des systèmes (C) et (E) dans un travail plus étendu qui sera prochainement publié. »

PHYSIQUE. — *Formules donnant les volumes de vapeur saturée et les tensions maxima.* Mémoire de M. **H. Moulin**. (Extrait.)

« Je suppose que la substance matérielle occupe dans l'espace moléculaire seulement le noyau, le covolume. Chaque substance ayant un coefficient de dilatation propre, il semble que la dilatation du noyau doive être différente dans chaque volume moléculaire et que le rapport du noyau au volume total doive aussi varier à chaque instant.

» Soient ε la différence entre les coefficients de dilatation linéaire du noyau et de la molécule, ω le rapport des deux rayons correspondants; on aura, entre les valeurs de ω à la température critique et à la température T, la relation suivante

$$\frac{\omega_2}{\omega} = 1 + \varepsilon(T_c - T) = 1 + \gamma\left(1 - \frac{T}{T_c}\right), \tag{1}$$

en faisant γ égale à εT_c.

» On aurait de même, en considérant le rapport ω_1 des pressions à la surface du covolume et à la surface libre et en appelant γ' le produit par la température critique de la différence des coefficients de dilatation sous volume constant

$$\frac{\omega_1}{\omega_{1c}} = 1 + \gamma'\left(1 - \frac{T}{T_c}\right). \tag{2}$$

» Je pars maintenant de l'équation caractéristique suivante, quelque peu différente de celle de M. Van der Waals :

$$p\omega_1 = \frac{RT}{v} - \frac{b_1\omega}{v^{\frac{4}{3}}} + \frac{(R' : \omega^3)T}{v^{\frac{5}{3}}}, \tag{3}$$

dans laquelle b_1 est un nombre et R' un multiple du coefficient connu R [1].

[1] Voir, pour l'établissement de l'équation (3) et pour les calculs signalés dans la suite, le Mémoire déposé à l'appui.

» En considérant la substance théorique H pour laquelle γ et γ' sont nulles, c'est-à-dire qui aurait même coefficient de dilatation pour le noyau et la molécule proprement dite ($\varepsilon = 0$), on aurait, pour déterminer les courbes isothermiques de cette substance idéale, les équations suivantes :

$$(4) \qquad p = \frac{RT}{v} - \frac{b_1}{v^{\frac{4}{3}}} + \frac{R'T}{v^{\frac{5}{3}}}.$$

» En tenant compte de cette condition que la droite de liquéfaction coupe la courbe isothermique en donnant deux segments égaux, on déterminera aux différentes températures les valeurs de la tension maxima d'une part, et d'autre part les volumes de vapeur saturée ou de liquide sous tension maxima. On pourra donc construire respectivement la courbe dont les coordonnées sont

$$\log\frac{T_c}{T} \quad \text{et} \quad \log\frac{v}{v_c}$$

ou la courbe ayant pour abscisses et ordonnées

$$\log\frac{T_c}{T} \quad \text{et} \quad \log\frac{p_c}{p}.$$

» Je viserai ici la courbe des volumes, soit HH.

» De l'équation (3) on tire les relations suivantes qui relient à ceux de la substance H les éléments v et p d'une substance quelconque, désignée par les valeurs de γ et de γ',

$$(5) \quad \begin{cases} \dfrac{T_c}{T} = \left(\dfrac{T_c}{T}\right)_H \left(\dfrac{\omega_c}{\omega}\right)^2 = \left(\dfrac{T_c}{T}\right)_H \left[1 + \gamma\left(1 - \dfrac{T}{T_c}\right)\right]^2 \\ \dfrac{v}{v_c} = \left(\dfrac{v}{v_c}\right)_H \left(\dfrac{\omega_c}{\omega}\right)^3 = \left(\dfrac{v}{v_c}\right)_H \left[1 + \gamma\left(1 - \dfrac{T}{T_c}\right)\right]^3 \\ \dfrac{p}{p_c} = \left(\dfrac{p}{p_c}\right)_H \left(\dfrac{\omega_c}{\omega}\right)^5 \left(\dfrac{\omega_1}{\omega_{1c}}\right) = \left(\dfrac{p}{p_c}\right) \left[1 + \gamma\left(1 - \dfrac{T}{T_c}\right)\right]^5 \left[1 + \gamma'\left(1 - \dfrac{T}{T_c}\right)\right] \end{cases}$$

» Il suffit, d'après ce que nous avons dit, de faire varier d'une façon continue les coefficients de dilatation du noyau, c'est-à-dire γ, pour obtenir tous les cas des substances possibles; les relations (4) donnent, d'après les éléments de la substance H, la valeur de ceux de la substance γ considérée :

$$\log\frac{T_c}{T} = \log\left(\frac{T_c}{T}\right)_H + 2\log\frac{\omega_c}{\omega}, \qquad \log\frac{v}{v_c} = \log\left(\frac{v}{v_c}\right)_H + 3\log\frac{\omega_c}{\omega}.$$

On pourra dès lors construire les courbes correspondantes; on aura ainsi

pour des valeurs de γ égales à 0,1, 0,2, 0,3 ..., des courbes $\gamma_1\gamma_1$, $\gamma_2\gamma_2$, $\gamma_3\gamma_3$, ...

» La dernière des formules (5), en développant les facteurs et négligeant les termes contenant soit le produit $\gamma\gamma'$, soit les puissances de γ et γ' supérieures à la première; donne une équation semblable à celle des volumes

$$\frac{p_c}{p} = \left(\frac{p_c}{p}\right)_{\text{H}} \left[1 + \gamma_1\left(1 - \frac{\text{T}}{\text{T}_c}\right)\right].$$

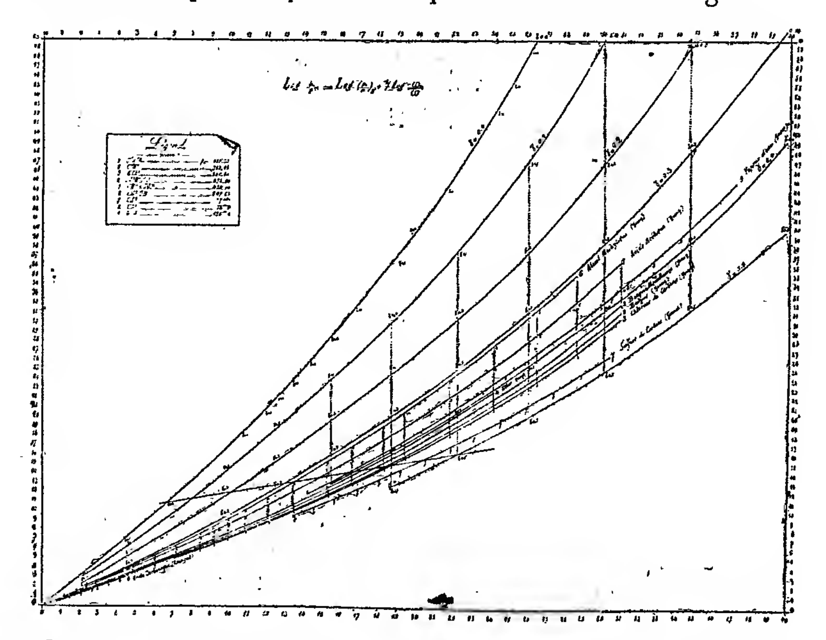
» Si la théorie est exacte, en relevant les résultats des expériences faites sur une substance réelle, on trouvera que les différents points obtenus tombent tous sur une même courbe construite précédemment et d'une façon, on le voit, tout à fait indépendante.

» Ce relevé a été fait sur les différentes substances suivantes :

» Fluorure de benzine, benzine, chlorure de carbone, éther, acide acétique, acide méthylique, d'après les données de M. Young;

» Vapeur d'eau, d'après les données de M. Tate;

» Acide carbonique, d'après les expériences de M. Amagat.



» La figure ci-dessus montre la concordance plus que satisfaisante de la théorie et de l'expérience. Pour les vapeurs d'eau, les observations ont été faites sur un intervalle de près de 200°, de 273° à 463°; pour l'acide acétique, sur plus de 300°, soit de 289°,3 à 594°,6.

» Toutes les substances essayées s'encadrent entre les courbes théoriques correspondant à $\gamma = 0,2$ et $\gamma = 0,5$.

» J'ai appliqué à la formule relative aux volumes les mêmes vérifications, tablées sur les données d'expériences des mêmes auteurs sur les substances précitées, et j'ai obtenu même satisfaction.

» Nul doute que les résultats soient également applicables en ce qui concerne les volumes liquides.

» De tout ce qui précède il résulte que, pour une substance dont on connaît les éléments critiques, il suffira de déterminer exactement à une température fixée la valeur du volume de vapeur saturée pour avoir la courbe correspondante et, par suite, les différentes valeurs de cet élément à toute température; de même, il suffira d'avoir à une température donnée la valeur de la tension normale pour en déduire la courbe des pressions correspondantes à la substance à toute température. Par exemple, il suffira de connaître exactement les conditions d'ébullition normale sous la pression atmosphérique.

» Il faut bien noter que nous déduisons ici directement de façon tout à fait indépendante l'une de l'autre le volume ou la pression en fonction de la seule température, ce que ne donnait jusqu'ici aucune formule connue. »

ÉLECTRICITÉ. — *De l'énergie absorbée par les condensateurs soumis à une différence de potentiel sinusoïdale.* Note de MM. **H. Pellat** et **F. Beaulard**, présentée par M. Lippmann.

« Dans une Note récente (1), l'un de nous a montré que les diélectriques ne présentent pas de phénomènes d'*hystérésis*, mais simplement de *viscosité électrique*. Cela revient à dire qu'en dehors du champ électrique ces corps ne présentent pas de polarisation permanente, mais seulement une polarisation temporaire, ce qui est le résultat direct des expériences de l'autre signataire de cette Note (2).

---

(1) F. Beaulard, *Sur l'hystérésis et la viscosité électrique* (*Comptes rendus*, t. CXXX, p. 1182; 1900.

(2) H. Pellat, *Sur la polarisation vraie des diélectriques placés dans un champ électrique* (*Comptes rendus*, t. CXXVIII, p. 1312; 1899). — *Polarisation réelle des diélectriques. Conséquences de cette polarisation* (*Ann. de Chimie et de Physique*, 7e série, t. XVIII, p. 150 et 571; 1899).

» On peut, du reste, très facilement déduire des relations établies par celui-ci, dans son Mémoire sur la polarisation réelle des diélectriques et sur ses conséquences [1], la valeur de l'énergie absorbée par un condensateur dont les armatures sont soumises à une différence de potentiel sinusoïdale.

» Nous rappelons que les relations dont nous allons nous servir s'appuient sur l'existence, démontrée expérimentalement, de la *polarisation réelle* et sans autre hypothèse que d'admettre que la vitesse de cette polarisation est seulement fonction, pour une même substance, de l'écart $J - j$ entre la polarisation actuelle j et la polarisation limite J dans les mêmes conditions.

» Considérons un condensateur dont les armatures de surface S sont séparées par un seul diélectrique d'épaisseur uniforme c et de pouvoir inducteur spécifique vrai K. Soient, au temps t, V la différence de potentiel des armatures et j l'intensité de la polarisation réelle; si dm est la variation de la charge des armatures pendant le temps dt, l'énergie électrique fournie pendant ce temps au condensateur est $d\varpi = V\,dm$. La relation (5) du Mémoire précité donne

$$(1) \qquad m = S\sigma = \frac{KSV}{4\pi c} + Sj, \qquad \text{d'où} \qquad dm = \frac{KS}{4\pi c}\,dV + S\,dj$$

et

$$(2) \qquad d\varpi = \frac{KS}{4\pi c}\,V\,dV + SV\,dj.$$

» Si la différence de potentiel V est périodique, l'énergie absorbée (c'est-à-dire transformée en énergie calorifique dans le diélectrique) pendant une période T est donnée en régime permanent, puisque $\int_0^T V\,dV = 0$, par

$$(3) \qquad \varpi = S\int_0^T V\,dj = Sc\int_0^T \frac{V}{c}\,dj = Sc\int_0^T \varphi\,dj = -Sc\int_0^T j\,d\varphi,$$

en représentant par φ l'intensité du champ électrique.

» On a donc, pour l'énergie ϖ_1 absorbée par l'unité de volume du diélectrique pendant une période,

$$(4) \qquad \varpi_1 = \frac{\varpi}{Sc} = -\int_0^T j\,d\varphi.$$

---

(1) *Loc. cit.*

» Si la différence de potentiel V est représentée par

$$(5) \qquad V = V_0 \sin 2\pi \frac{t}{T},$$

les relations (37) et (38) du Mémoire donnent

$$(6) \qquad j = B \sin\left(\frac{2\pi t}{T} + \delta\right), \qquad B = \frac{V_0 b h T}{c\sqrt{4\pi^2 + b^2 T^2}}, \qquad \sin\delta = \frac{-2\pi}{\sqrt{4\pi^2 + b^2 T^2}},$$

les quantités b et h ayant les significations indiquées dans le Mémoire ([1]).

» Ces relations ne sont applicables que si le champ reste assez faible pour que h soit une constante. On a d'ailleurs

$$(7) \qquad d\varphi = \frac{1}{c} dV = \frac{V_0}{c} \frac{2\pi}{T} \cos \frac{2\pi t}{T},$$

d'où

$$(8) \qquad w_1 = -\frac{BV_0 2\pi}{cT} \int_0^T \sin\left(\frac{2\pi t}{T} + \delta\right) \cos \frac{2\pi t}{T} dt = -\frac{V_0 B \pi \sin\delta}{c},$$

ou, en remplaçant B et $\sin\delta$ par leurs valeurs (6),

$$(9) \qquad w_1 = \frac{2\pi^2 b h V_0^2 T}{c^2(4\pi^2 + b^2 T^2)} = \frac{2\pi^2 b h V_0^2 n}{c^2(4\pi^2 n^2 + b^2)},$$

en désignant par $n = \frac{1}{T}$ la fréquence.

» Telle est la formule qui représente la quantité d'énergie absorbée par période et par unité de volume, quelle que soit la cause de la polarisation, ou, si l'on préfère, du résidu présenté par le diélectrique.

» Comme b est pour les bons diélectriques une fraction de l'unité, tandis que $2\pi n$ est un nombre dépassant 100 en général, on voit que b^2 est absolument négligeable devant $4\pi^2 n^2$, ce qui réduit pratiquement la formule à

$$(10) \qquad w_1 = \frac{b h V_0^2}{2 c^2 n},$$

d'où, pour l'énergie W_1 transformée en chaleur par unité de volume et de

---

([1]) b est défini par $\frac{dj}{dt} = b(J - j)$ et h par $J = h\Phi$, en appelant J la polarisation réelle finale pour le champ final Φ, quand on maintient constante la différence de potentiel des armatures.

temps, la relation remarquablement simple :

$$W_1 = \frac{1}{2} bh \frac{V_0^2}{c^2} = bh\varphi_0^2, \tag{11}$$

en désignant par φ_0 l'*intensité efficace* du champ.

» Ces formules (8), (9), (10) et (11) ne sont applicables que si le champ reste assez faible pour que h soit une constante Les expériences de l'un de nous ([1]) ont montré que, pour les champs intenses, h diminue quand l'intensité du champ augmente. Il résulte de là que la relation (11) donnera une valeur de W_1 trop forte pour les champs intenses, si h correspond à la valeur des champs faibles; autrement dit, W_1 est proportionnelle au carré de la différence de potentiel des armatures pour des champs faibles, mais paraîtra proportionnelle à une puissance ε de V plus petite que 2 pour des champs intenses. Ainsi s'explique le désaccord entre divers expérimentateurs, qui les uns ont trouvé $\varepsilon = 2$ et les autres des valeurs variables comprises entre 1,65 et 2.

» Au point de vue de l'absorption de l'énergie et par conséquent de l'échauffement, on voit que les meilleurs diélectriques sont ceux pour lesquels b et h sont les plus faibles. Les méthodes simples indiquées à la fin du Mémoire précité pour mesurer b et h permettront donc de faire un choix parmi les diélectriques employés pour les condensateurs industriels ([2]). »

ÉLECTRICITÉ. — *De la transparence de divers liquides pour les oscillations électrostatiques.* Note de M. **A. de Heen.**

« Dans une précédente Note nous avons montré que, si l'on met *un* des pôles d'une bobine d'induction, activée par un interrupteur de Whénelt,

---

([1]) H. Pellat, *loc. cit.*

([2]) Hess, *Éclairage électrique*, t. IV, p. 205, 1895, a imaginé que les phénomènes de résidu peuvent s'expliquer en admettant qu'un diélectrique est comparable à deux condensateurs de capacité C et C' disposés en cascade à diélectriques sans résidu, mais C' étant shunté par une résistance ρ très grande. Quoique cette constitution des diélectriques, bien qu'appuyée par d'ingénieuses expériences, ne nous paraisse pas probable pour la plupart d'entre eux, il est remarquable que la relation pour w_1 à laquelle cette idée conduit M. Hess puisse être identifiée avec la relation (9) en posant $b = \frac{1}{\rho(C + C')}$, $h = \frac{cC^2}{S(C + C')}$ et négligeant la résistance extérieure au condensateur devant ρ.

en communication avec une toile métallique, par exemple, il se développe des oscillations électrostatiques capables de se transmettre à distance. Il était dès lors intéressant de rechercher si la transparence de divers milieux est comparable à la transparence observée pour les modes de propagation de l'énergie précédemment connus.

» Afin d'opérer sur les liquides, nous avons disposé concentriquement deux éprouvettes en verre mince, munies chacune d'un bouchon en verre. Le tube central renfermait le tube à vide destiné à déceler l'oscillation; la partie annulaire, ayant environ 5^{mm} d'épaisseur et comprise entre les deux tubes, était occupée par le liquide à examiner.

» Voici comment se classent les liquides :

Liquides opaques.	Liquides transparents.
Eau.	Éther.
Alcool éthylique.	Pétrole.
» amylique.	Benzine.
Aldéhyde.	Xylène.
Sulfure de carbone.	Acide butyrique.
Bromure d'éthyle.	» valérianique.

» En admettant la loi de l'inverse du carré de la distance, voici les nombres qui représentent la transparence de mélanges d'éther et d'alcool :

Éther.	Alcool.	Transparence.
250^{cc}	0^{cc}	1232
230	20	640
210	40	325
190	60	73
175	75	0

» Il résulte également de l'observation des liquides purs que ceux-ci semblent se diviser en substances qui sont presque complètement transparentes et en substances qui ne le sont pas du tout. D'autre part, il nous a été impossible de trouver une analogie avec la transparence relative aux autres modes de propagation de l'énergie, ni jusqu'à présent avec les autres propriétés physiques. C'est ainsi, par exemple, que l'eau et l'éther sont tous deux électrostatiquement conducteurs, alors que l'un est opaque et l'autre transparent (1). »

---

(1) Des recherches qui ont suivi notre précédente Communication nous portent actuellement à croire que des faits que nous pensions devoir attribuer à une espèce d'*inductance* électrostatique peuvent s'interpréter à l'aide de la théorie connue de l'*influence*.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur quelques effets photochimiques produits par le fil radiateur des ondes hertziennes*. Note de M. THOMAS TOMMASINA, présentée par M. A. Cornu.

« Dans mes expériences de télégraphie hertzienne, j'ai eu l'occasion d'entendre des crépitements rythmés tout le long du fil de l'antenne radiatrice, lequel, comme on le sait, n'est que le prolongement de l'une des branches du primaire de Hertz.

» Comme on pouvait le prévoir, dans l'obscurité ce phénomène décèle sa nature par une série de flocons ou pinceaux d'aigrettes lumineuses très mobiles, et dont plusieurs semblent se déplacer autour du fil radiateur, aigrettes qui sont très semblables du reste à celles produites par les conducteurs du dispositif de Tesla, les deux phénomènes étant mécaniquement identiques. Mais ce qu'il m'a paru intéressant d'étudier est la constatation que ces aigrettes paraissent vibrer synchroniquement, non avec les étincelles de l'oscillateur de Righi, mais avec les mouvements du trembleur de la bobine d'induction.

» En outre à chaque étincelle de l'oscillateur une très vive onde lumineuse se propageait instantanément sur le fil, indépendamment de l'autre luminescence à aigrettes, laquelle continuait sans aucune modification perceptible son mouvement oscillatoire régulier.

» Pour observer de plus près et plus commodément le phénomène, j'ai intercalé dans le fil d'antenne une double boîte, peinte en noir à l'intérieur, munie d'un couvercle fermant hermétiquement, et dans laquelle était tendu près du fond un fil très fin de cuivre. Les extrémités de ce fil sortaient de la boîte par deux trous très étroits et étaient fixées aux serre-fils auxquels arrivaient les bouts du fil radiateur. Sous l'action du flux électrique oscillatoire, j'ai constaté immédiatement la formation d'une série de secteurs lumineux distribués irrégulièrement, *mais qui se formaient à des distances approximativement égales, lorsque l'oscillateur était réglé à l'unisson avec le trembleur*.

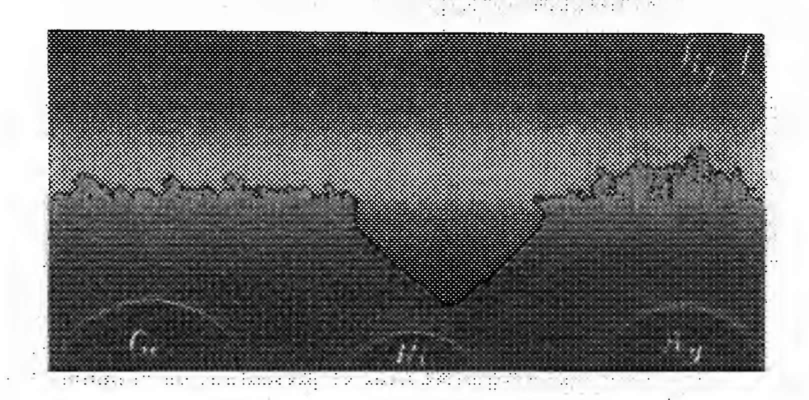
» Diminuant l'intensité du courant primaire jusqu'à faire presque disparaître la luminescence oscillante, l'effet de chaque étincelle de l'oscillateur devenait très visible par l'apparition instantanée d'une forte luminosité.

» Cherchant ensuite à photographier ces phénomènes, j'ai dû reconnaître que la photographie au moyen de l'objectif ne donnait rien; j'ai essayé alors l'action directe des effluves sur la gélatine sensibilisée des plaques rapides au bromure d'argent.

» Ayant coupé longitudinalement en deux une plaque sensible, j'ai placé les deux moitiés l'une sur l'autre, gélatine contre gélatine, et intercalé entre les plaques le fil radiateur. Un morceau de bois de noyer de 6^{cm} d'épaisseur placé dessus servait, par son poids, à les presser suffisamment contre le fil. Le couvercle fermé, aucune lumière ne pouvait plus pénétrer dans la boîte. Après l'action du flux oscillatoire, pendant des temps variables, depuis celui d'une seule étincelle jusqu'à une série d'étincelles d'une durée de dix secondes, on développait les plaques. Au développement l'image apparaissait lentement et très régulièrement, et gagnait en ton, se comportant en somme comme celle d'une plaque ayant subi une pose exacte.

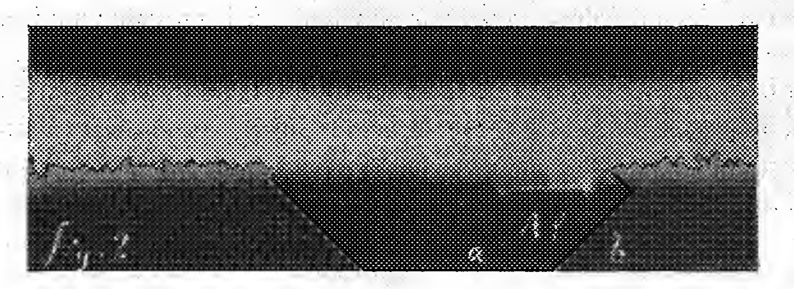
» C'étaient toujours des ramifications bien dessinées, qui devenaient très noires, plus ou moins simples et courbes, *mais toujours normales au fil radiateur près de leur point de départ*. Leur nombre augmentait sur les deux moitiés de la plaque selon et proportionnellement à la durée de la pose. J'ai remarqué à chaque essai que les traits très nets sur l'une des plaques étaient aussi reproduits sur l'autre, mais flous, et *vice versa*, ce qui indiquerait une action photochimique très limitée, mais existant hors des lignes électriques.

» Plaçant le fil radiateur sur une lame de verre quelconque avec quelques pièces de monnaie pour en étudier l'induction, et une seule plaque sensible dessus, gélatine en bas, ces pièces ne permettant pas de presser la plaque contre le fil, on a obtenu l'épreuve de la *fig.* 1, par une action continuée pendant dix secondes. Dans cette



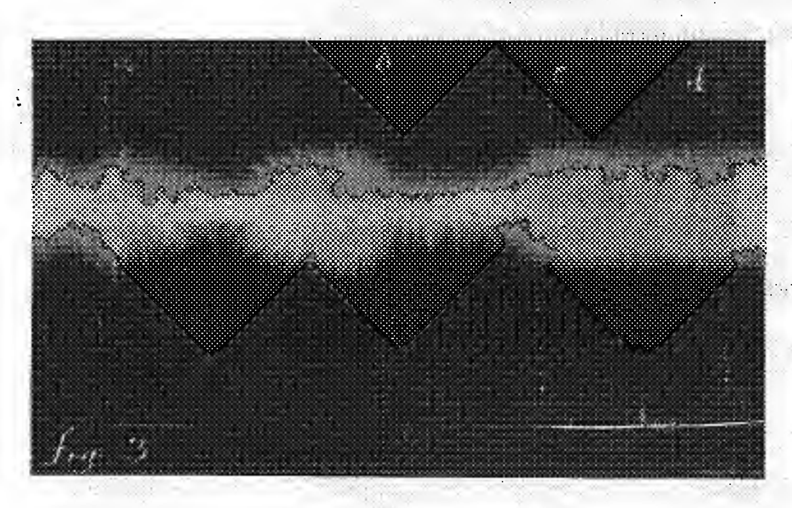
épreuve, on voit, en plus de l'action locale de chaque aigrette, celle d'une lumière diffusée très régulièrement, laquelle doit être due à la réflexion de la surface du verre servant de support au fil et aux pièces métalliques, en raison de l'espace séparant les deux lames, réflexion qui confirme la déduction précédente.

» L'action électrique exclusive est démontrée par l'épreuve de la *fig.* 2, dans laquelle, toutes les autres conditions restant les mêmes, une mince lamelle d'aluminium remplaçait les monnaies, ce qui permettait le contact du fil avec la gélatine. On y voit



les aigrettes parfaitement délimitées sans aucune lumière diffuse, leur longueur présentant une légère diminution dans la partie centrale. Le morceau de bois déjà décrit pressait, dans cette expérience, la plaque sur toute sa longueur.

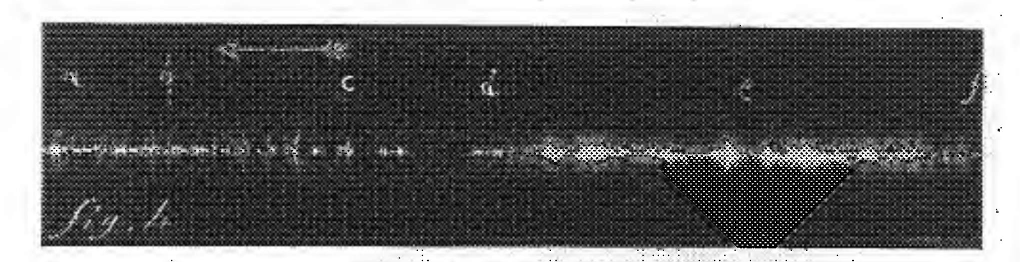
» Dans la *fig.* 3, un fil de cuivre très fin, isolé, a été disposé parallèlement au fil radiateur et sur la plaque sensible, comme poids, on a placé un morceau prismatique de bois, et un de même forme, mais plus petit, en fer. Le bois couvrait l'espace *ab*, le fer l'espace *cd*. Sous ce dernier, les radiations prennent une égale longueur avec une



légère diminution au centre, dans la direction duquel elles se courbent; de plus, on voit de courtes aigrettes marquant l'arrivée du flux au fil isolé. Au contraire, entre *a* et *b*, elles se croisent ensemble irrégulièrement et présentent un minimum beaucoup plus prononcé vers le centre. Enfin, entre *b* et *c*, là où il n'y avait rien sur la plaque, les aigrettes sont perpendiculaires au fil et ressemblent à celles de la *fig.* 1.

» La *fig.* 4 représente les effluves modifiés par des vibrations sonores qui prennent naissance sous l'action du même flux électrique dans le fil lorsqu'on lui donne une tension convenable. Je décrirai dans une prochaine Note un certain nombre de ces

phénomènes sonores obtenus par des dispositifs spéciaux et qui peuvent aider à documenter une théorie sur le mécanisme des radiations électromagnétiques.



» Les observations faites par M. Borgman ([1]), dans les gaz raréfiés, de la transformation des secteurs lumineux en disques, ont été aussi confirmées par mes expériences. Dans d'autres, les épreuves obtenues sont encore mieux visibles, mais il me suffira d'attirer l'attention sur tous les points de la *fig.* 4, où les courbes lumineuses sont identiques des deux côtés du fil, ce qui indique des surfaces de révolution autour du fil, dont la gélatine reproduirait la coupe diamétrale.

» Dans toutes les expériences du genre de celles que je viens de décrire, j'ai pu constater que la nature plus ou moins magnétique du métal du fil radiateur ne semble pas avoir un effet perceptible lorsque le fil, étant très peu tendu, ne produit pas, en même temps que la luminosité, les phénomènes sonores. Son épaisseur, au contraire, a une influence notable. Plus le fil est mince, plus courtes sont les aigrettes et plus les distances entre elles sont petites.

» Il semblerait ainsi que vraiment le fil de l'antenne radiatrice des ondes hertziennes joue le rôle d'une capacité dont toutes les molécules formant sa surface propagent l'une à l'autre le mouvement oscillatoire produit par les décharges. Ce mouvement se propagerait en même temps aux molécules de l'élément ambiant de l'espace, c'est-à-dire de l'éther, suivant des lignes rayonnantes du fil, sur un nombre infiniment grand de plans parallèles entre eux et perpendiculaires à l'axe du fil. »

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur un peroxyde de lithium.*
Note de M. DE FORCRAND.

« La combustion du lithium dans une atmosphère d'oxygène ne donne que des traces de peroxyde, ce corps paraissant se dissocier en protoxyde

([1]) *Comptes rendus* du 30 avril 1900, t. CXXX, p. 1179-1182.

et oxygène, ce qui indique une faible chaleur de formation à partir du protoxyde, tandis que celle du protoxyde à partir des éléments est considérable.

» J'ai recherché si, par voie humide, en faisant agir l'eau oxygénée sur la lithine dissoute, on n'obtiendrait pas un peroxyde et quelle serait sa formule.

» I. Dans une première expérience, on a ajouté 300^{cc} d'eau oxygénée pure (à 15 volumes) à 100^{cc} d'une dissolution de lithine contenant 3^{gr},5 de Li^2O. Aucun précipité ne se formant, on a mélangé la liqueur avec 900^{cc} d'alcool absolu. Il y a élévation de température. Puis, peu à peu, de petits cristaux durs, brillants, incolores, se déposent. On les recueille et on les place sur des plaques poreuses sous cloche; ils pèsent environ 8^{gr}.

» Dans une seconde expérience, on a ajouté 300^{cc} d'eau oxygénée (à 12 volumes) à 100^{cc} d'une dissolution de lithine plus concentrée (6^{gr},31 de Li^2O), puis 450^{cc} d'alcool absolu. On a recueilli environ 9^{gr} de cristaux qui paraissent identiques aux précédents. Ces produits ne retiennent pas d'alcool.

» L'analyse de ces cristaux donne :

Première expérience.		Deuxième expérience.	
Li^2O	22,15	Li^2O	22,99
O actif	22,56	O actif	25,05
H^2O par différence	55,29	H^2O par différence	51,96
	100,00		100,00

» Le premier produit aurait pour formule $Li^2O^2, H^2O^2 + 3,07\,H^2O$.

» Le second $Li^2O^2, H^2O^2 + 2,77\,H^2O$. Ces corps ne contiennent pas d'alcool.

» C'est évidemment le même composé, le second échantillon retenant un peu moins d'eau parce qu'il s'est produit en liqueur plus concentrée. La formule moyenne est

$$Li^2O^2 + H^2O^2 + 3\,H^2O.$$

» J'ai dissous séparément dans l'eau les deux échantillons, puis ajouté aussitôt après H^2Cl^2 dissous pour neutraliser.

Premier échantillon :	Dissolution	$-4^{Cal},62$
	Action de H^2Cl^2 dissous	$+19^{Cal},30$
Deuxième échantillon :	Dissolution	$-4^{Cal},37$
	Action de H^2Cl^2 dissous	$+19^{Cal},69$

Les nombres moyens sont par conséquent.. $-4^{Cal},50$ et $+19^{Cal},50$.

» II. Cependant la constitution de ce composé est encore incertaine, car les analyses peuvent se traduire par plusieurs formules :

$$Li^2O^2 + H^2O^2 + 3H^2O,$$
$$Li^2O + 2H^2O^2 + 2H^2O,$$
$$LiOH + H^2O^2 + \tfrac{1}{2}H^2O,$$
$$Li^2O^3 + 4H^2O$$
$$Li^4O^3 + 3H^2O^2 + 5H^2O.$$

» En particulier, la troisième formule $LiOH + H^2O^2 + \frac{1}{2}H^2O$ serait assez voisine de celle de la combinaison $CaO^2H^2 + H^2O^2$ que j'ai fait connaître récemment, et même la chaleur de formation serait assez voisine pour ces deux corps.

» Pour avoir une idée de la constitution de ce composé, je l'ai abandonné dans le vide, bien pulvérisé, en présence d'anhydride phosphorique, à froid.

» Après six jours, l'analyse donne la formule suivante :

$$Li^2O^2 + 0,7H^2O^2 + 2,13H^2O;$$

il y a donc perte, à la fois, de H^2O^2 et de H^2O.

» Après une nouvelle période de neuf jours, on trouve :

$$Li^2O^2 + 0,5H^2O^2 + 0,87H^2O;$$

treize jours plus tard :

$$Li^2O^2 + 0,77H^2O;$$

six jours après :

$$Li^2O^2 + 0,37H^2O;$$

enfin, après huit jours :

$$Li^2O^2 + 0,15H^2O \text{ (1)}.$$

» Le résidu est du bioxyde de lithium Li^2O^2 sensiblement pur et anhydre.

» Il est donc probable que la formule du composé primitif est

$$Li^2O^2 + H^2O^2 + 3H^2O.$$

» III. La chaleur de dissolution du bioxyde de lithium ainsi préparé est de $+7^{Cal},19$ vers $+20°$.

» Connaissant la chaleur de dissolution de $Li^2O(+26^{Cal})$, la chaleur de formation de l'eau oxygénée ($-21,7$) et enfin la chaleur de neutralisation des deux dissolutions que j'ai trouvée égale à $+6^{Cal},53$, on peut calculer la réaction :

$$Li^2O \text{ sol.} + O = Li^2O^2 \text{sol.} \ldots \quad +3^{Cal},64.$$

» Or j'ai trouvé précédemment :

$$CaO + O = +5,43$$
$$SrO + O = +10,875,$$

et M. Berthelot a obtenu :

$$BaO + O = +12,10,$$

tandis que le sodium fournit un nombre beaucoup plus élevé pour a suroxydation :

$$Na^2O + O = 117,69 - 89,93 = +27^{Cal},96.$$

» Les quatre premiers métaux

$$Li^2, \quad Ca, \quad Sr, \quad Ba$$

---

(1) *Analyse :*

Li^2O	61,60
O actif	32,77
H^2O par différence	5,63
	100,00

forment donc une série de corps dont la chaleur de suroxydation est faible et augmente un peu avec le poids atomique. Leurs bioxydes ne peuvent s'obtenir directement (à l'exception du dernier, BaO^2, dans certaines limites de température).

» Inversement leur protoxyde est très stable :

$Li^2 + O = +147,6$ (Guntz),
$Ca + O = +145,0$ (Moissan),
$Sr + O$ et $Ba + O$ probablement $> +131,2$;

ces dernières valeurs tendant d'ailleurs à diminuer un peu lorsque le poids atomique augmente, à peu près comme les chaleurs de suroxydation augmentent. Il en résulte que la chaleur de formation totale du bioxyde à partir des éléments reste sensiblement constante :

$$Li^2 + O^2 = +151,24,$$
$$Ca + O^2 = +150,43$$ (1).

Ces propriétés me paraissent caractéristiques des métaux alcalino-terreux avec lesquels Li^2 présente déjà tant d'analogies. Peut-être le magnésium ($Mg + O = +143,4$), dont je m'occupe de préparer le bioxyde, viendra-t-il s'ajouter à cette série.

» Le sodium, au contraire, ne peut se rapprocher que du manganèse :

$Na^2 + O = +89,93$, $Na^2 + O^2 = +117,69$,
$Mn + O = +90,90$, $Mn + O^2 = +125,30$,

et il s'écarte absolument soit des métaux alcalino-terreux, soit du lithium, soit encore du potassium, qui fournit des peroxydes d'un autre type.

» Enfin la chaleur dégagée par l'addition de H^2O^2 et de $3H^2O$ au bioxyde Li^2O^2 pour donner le composé primitif $Li^2O^2, H^2O^2, 3H^2O$ est égale à $+7,19 + 4,50$, soit $+11^{Cal},69$, soit $+2^{Cal},92$ en moyenne pour chaque molécule d'eau ou d'eau oxygénée. »

---

(1) Ce qui conduirait, pour $Sr + O$ et $Ba + O$, à des chaleurs de formation voisines de $+140^{Cal}$ et $+138^{Cal}$.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur les terres inconnues contenues dans la samarine brute*. Note de M. **Eug. Demarçay**, présentée par M. Moissan.

« J'ai annoncé antérieurement (*Comptes rendus*, t. CXXII, p. 728; 1896) que la samarine brute contenait un élément nouveau caractérisé par diverses raies, à poids atomique plus élevé que celui du samarium, moins que celui du gadolinium, et je l'ai désigné par Σ en attendant de l'avoir isolé réellement.

» Dans les samarines d'où je suis parti, les raies de Σ n'étaient présentes qu'avec une intensité assez modérée. En poursuivant les fractionnements par la méthode des azotates magnésiens (*Comptes rendus*, t. CXXX, p. 1019; 1900), ces raies sont devenues de plus en plus fortes jusqu'à égaler en éclat celles des plus puissantes, telles que celles du baryum ou de l'yttrium. Quelques autres raies absentes ou peu visibles dans mes premiers produits se sont de même manifestées finalement avec un éclat sinon aussi vif, du moins encore très grand. Parmi ces dernières, trois raies bleues méritent de nous arrêter spécialement. Elles ont en effet été signalées par M. Lecoq de Boisbaudran (*Comptes rendus*, t. CXV, p. 575; 1892) dans certaines samarines, comme devant, d'après les résultats des fractionnements, appartenir à un élément spécial désigné, jusqu'à plus ample information, sous le symbole provisoire Z_ε. M. de Boisbaudran n'avait pu poursuivre ses recherches faute de matière. Il me semble tout à fait certain que Z_ε et Σ désignent le même élément : 1° parce que les trois raies de Z_ε sont le plus intenses là où les raies de Σ sont maxima ; 2° parce qu'avec la bobine à long fil de M. de Boisbaudran, ces trois raies gardent relativement une force considérable, alors que les raies de Σ, les plus fortes avec ma bobine à court fil, s'affaiblissent beaucoup. Je désignerai donc le nouvel élément sous le symbole $\Sigma - Z_\varepsilon$.

» Lorsque, dans ces derniers mois, je fus arrivé à concentrer dans une faible portion les terres à $\Sigma - Z_\varepsilon$, je m'aperçus, à l'examen de l'absorption, de la présence de bandes nouvelles qui ne pouvaient être dues qu'à $\Sigma - Z_\varepsilon$ ou à un nouvel élément. Les quelques grammes d'oxyde que j'ai isolés à l'état d'assez grande pureté, c'est-à-dire ne contenant plus ni samarium ni gadolinium en quantité notable, présentent les caractères suivants :

» C'est une terre d'un blanc à peine rosé, dont les sels d'un rose pâle

présentent les bandes d'absorption suivantes en solution azotique très acide au $\frac{1}{6}$ sous 3^{cm} d'épaisseur :

590 nébuleuse très faible.
570 très étroite, nette, faible.
535 nébuleuse assez faible.
525 étroite, nette, assez notable.
465 milieu d'une bande à bords très nets, large de 2λ environ, notable et la plus forte du spectre, moins réfrangible que la forte bande voisine de Sm que l'on voit à côté d'elle sur des solutions de composition convenable.
395,5 milieu d'une bande nébuleuse, large d'environ 7λ, d'intensité notable.
385,5 milieu d'une bande nébuleuse, large d'environ 4λ, assez faible.
380,5 milieu d'une bande nébuleuse, large d'environ 3λ, faible.

» *Aucune de ces bandes n'est forte.*

» Quelques-unes ont déjà été signalées comme appartenant au samarium. La plus forte du bleu par son voisinage de la forte du samarium a pu faire penser que celle-ci serait variable et était due à un élément spécial.

» Ces sels donnent en solution chlorhydrique, avec ma bobine à court fil, un spectre d'un extrême éclat contenant :

» 1° les raies de $\Sigma - Z_\varepsilon$ ci-jointes :

λ.	Force.
4652,9........	14
4628,2........	14 > la précédente
4595,0........	14 > la précédente
4523,2........	14
4435,7........	15
4205,8........	16
4130,2........	16
3972,1........	16
3930,8........	16
3907,5........	15
3819,4........	16
3724,7........	15
3688,2........	12
3520,5........	10

» Dans cette échelle de force le maximum est 16. C'est l'intensité des plus fortes raies qu'on puisse voir. Ces raies sont toutes étroites et très longues. Il m'a paru que quelques raies *de même caractère*, mais plus faibles, étaient visibles dans le vert, le jaune et le rouge. Je ne les ai pas encore photographiées.

» 2° Une foule de raies nouvelles d'intensité faible ou médiocre, sur la nature desquelles j'ai, comme on verra plus loin, quelques doutes;

» 3° Faiblement les principales raies du gadolinium et du samarium.

» Le samarium, peu visible à l'étincelle, se manifeste par des traces des bandes ultra-violettes d'absorption.

» En renversant l'étincelle suivant la méthode de M. de Boisbaudran on obtient sur la solution nitrique un spectre très brillant, peut-être le plus brillant des spectres de cette espèce. Il comprend les bandes suivantes :

	λ.	
α.	625-615	très forte, peu nébuleuse.
β.	594-587	forte, nébuleuse.
	585-582	assez faible, nébuleuse.
	580	faible, nébuleuse, étroite.
δ.	557-552	assez faible, très nébuleuse.
γ.	537-533	forte, très nébuleuse.
	525	très faible.

» En solution chlorhydrique on a le même spectre un peu moins intense; cela est-il dû à des traces de fer si souvent présentes dans l'acide chlorhydrique? Le symbole Z_ζ attribué provisoirement à la bande de renversement α615 doit donc être rapporté aussi à $\Sigma - Z_\varepsilon$.

» Si l'on compare ces résultats avec ceux qu'a obtenus M. de Boisbaudran sur les variations des spectres de renversement du samarium en solution azotique ou chlorhydrique, on constatera sans peine qu'elles s'expliquent avec aisance par ce fait que d'une part ces bandes recouvrent une partie des bandes du samarium ou en sont très voisines, et que, d'autre part, tandis que le spectre de ce dernier est plus fort en solution chlorhydrique qu'en solution azotique, c'est l'inverse pour $\Sigma - Z_\varepsilon$.

» Le poids atomique de cet élément pris par synthèse du sulfate est voisin de 151. Ce n'est là qu'une indication, la substance n'étant pas assez pure pour une bonne détermination.

» Une question se pose maintenant : ces trois spectres, étincelle, absorption, renversement correspondent-ils à un même corps ou à des éléments différents. Je ne suis pas en mesure de répondre à cette question pour le moment. J'ai entrepris un fractionnement spécial en vue de résoudre cette question et espère être prochainement en état de le faire. Toutefois je ferai remarquer que la coïncidence, inhabituelle dans la série des terres rares, d'un spectre d'absorption, et de très nombreuses et faibles raies d'étincelles avec un spectre de puissantes raies d'étincelles semble indi-

quer la présence de deux éléments. La faiblesse des bandes d'absorption est de même peu ordinaire. Il semblerait donc conforme aux analogies d'attribuer au même élément le spectre d'absorption, le spectre de renversement et les nombreuses et médiocres raies du spectre d'étincelle.

» Je n'ai pas encore examiné les spectres de fluorescence dans le vide, la pureté de ma substance ne m'ayant pas paru suffisante pour ces recherches si délicates.

» En terminant je me permets d'insister sur la faible abondance du Z_ε dans les terres à samarine et l'éclat extrême du spectre d'étincelle qui l'a fait découvrir. »

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'hydrogénation de l'érythrulose et la préparation d'une nouvelle érythrite : l'érythrite droite*. Note de M. **Gabriel Bertrand** [1], présentée par M. Duclaux.

» J'ai montré dans une Note antérieure que l'érythrite est rapidement oxydée par la bactérie du sorbose et qu'à la place on peut extraire des cultures un sirop fortement réducteur, constitué surtout par de l'érythrulose [2].

» Ce nouveau sucre, à quatre atomes de carbone, possède une fonction cétonique et présente avec le corps dont il provient exactement les mêmes rapports que le lévulose avec la mannite. En examinant sa formule de constitution

$$\begin{array}{l} CH^2OH \\ | \\ CO \\ | \\ CH.OH \\ | \\ CH^2OH \end{array}$$

on prévoit qu'il doit donner naissance, par fixation de 1^{mol} d'hydrogène, à deux érythrites stéréo-isomères : l'une, inactive et identique avec l'érythrite naturelle qu'on connaît; l'autre, optiquement active, inconnue

(1) MM. Maquenne et Bertrand s'étaient concertés pour que leurs Notes, dont l'une donne le mode de préparation de l'érythrite droite et l'autre (*Comptes rendus*, t. CXXX, p. 1402) celle de l'érythrite gauche, arrivent le même jour devant l'Académie. Une erreur de transmission a retardé celle de M. Bertrand.

(2) *Comptes rendus*, t. CXXX, p. 1330; 1900.

jusqu'ici et permettant de définir par son pouvoir rotatoire l'érythrulose, gauche ou droit, dont on est parti.

» Je vais décrire comment j'ai pu réaliser cette double transformation à l'aide de l'amalgame de sodium.

» La réaction a été effectuée en présence de l'eau maintenue continuellement acide. De cette manière on n'avait pas à craindre la formation de soude libre et l'action isomérisante de ce réactif sur l'érythrulose. Les résultats décrits plus loin peuvent donc être rapportés en toute confiance au fait seul de l'hydrogénation.

» 50^{gr} de sirop d'érythrulose, régénéré de sa combinaison avec le bisulfite de sodium, ont été dissous dans 200^{cc} d'eau et additionnés, par fractions de 50^{gr}, de vingt-cinq fois leur poids d'amalgame de sodium à $2\frac{1}{2}$ pour 100. Avant chaque addition d'amalgame, on avait soin d'introduire dans le liquide la quantité d'acide sulfurique nécessaire à la neutralisation complète de la soude qui allait se produire, soit 5^{cc} d'un mélange de : eau, 85^{gr}; acide sulfurique, 60^{gr}.

» La solution d'érythrulose était placée dans une capsule nageant à la surface d'un courant d'eau froide, et l'on agitait d'une manière continue, en interrompant les additions d'amalgame dès que la température du liquide dépassait 30°.

» En opérant ainsi, l'amalgame de sodium est rapidement décomposé, et la réduction de l'érythrulose n'exige pas plus d'une heure et demie à deux heures. L'hydrogène est d'ailleurs facilement absorbé et l'effervescence n'apparaît que vers la fin de l'opération.

» Quand celle-ci est terminée, on décante le mercure, on neutralise exactement le liquide avec un peu de soude et l'on précipite le sulfate alcalin par 3 ou 4 volumes d'alcool. La liqueur, séparée à la trompe, est alors distillée dans le vide.

» Il reste un sirop épais contenant un mélange de deux érythrites.

» La première cristallise par introduction d'une trace d'érythrite ordinaire. En remuant, elle transforme le sirop en une bouillie épaisse; on ajoute de l'alcool absolu et, après vingt-quatre heures de repos, on essore les cristaux à la trompe. Le rendement est égal au quart du poids de l'érythrulose.

» Lavés à l'alcool et recristallisés, ces cristaux présentent tous les caractères de l'érythrite inactive naturelle. Ils ont une saveur sucrée, fondent à la température de $+120°$, bouillent et distillent dans le vide sans décomposition. Leur solution aqueuse est sans action sur la lumière polarisée, et abandonne par évaporation de gros cristaux transparents, du système

quadratique, facilement reconnaissables. Enfin, leur analyse élémentaire a donné les chiffres suivants :

	Trouvé.	Calculé pour $C^4H^{10}O^4$.
Carbone.............	39,29	39,34
Hydrogène...........	8,38	8,20

» La seconde érythrite, beaucoup plus soluble, ne peut être séparée qu'à l'état d'acétal. On agite les eaux-mères concentrées de l'érythrite inactive avec deux fois leur poids d'acide sulfurique à 50 pour 100 et autant d'aldéhyde benzoïque. La combinaison s'effectue très rapidement et l'acétal se dépose à l'état cristallisé. On l'essore, on le lave à l'eau, puis à l'alcool; enfin on le décompose en le chauffant dans un courant de vapeur en présence d'acide sulfurique à 5 pour 100 et d'aldéhyde benzoïque. Cette dernière est ajoutée en quantité suffisante pour dissoudre à chaud l'acétal. Lorsqu'il ne distille plus d'aldéhyde, on précipite l'acide sulfurique par la baryte et l'on évapore le liquide filtré.

» La nouvelle érythrite reste sous forme d'un sirop incolore, se solidifiant bientôt en une masse radiée, d'aspect soyeux. On en obtient 15 pour 100 environ du poids de l'érythrulose. Cette érythrite se dissout avec une extrême facilité dans l'alcool absolu bouillant et recristallise en fines aiguilles par le refroidissement. Son point de fusion est situé à 88°-89°. En solution aqueuse, elle présente un pouvoir rotatoire lévogyre. A 10 pour 100, sous une épaisseur de 30^{cm}, elle a donné, à la température de $+7°$, une déviation de $-1°26'$, d'où

$$[\alpha]_D = -4°46' \quad (\text{soit } 4°,76).$$

Par évaporation de sa solution dans l'eau, la nouvelle érythrite cristallise en grands prismes allongés appartenant au système rhomboédrique (d'après la détermination de M. Wyrouboff). Son analyse a donné :

	Trouvé.	Calculé pour $C^4H^{10}O^4$.
Carbone......................	39,18	39,34
Hydrogène....................	8,30	8,20

» Ces caractères sont ceux que M. Maquenne reconnaît à l'érythrite qu'il vient de préparer en partant du xylose ordinaire ou xylose gauche; la seule différence réside dans le pouvoir rotatoire, égal et de signe contraire. Comme l'érythrite de M. Maquenne ne peut appartenir qu'à la

série gauche, son antipode optique, dérivé de l'érythrulose, est nécessairement l'érythrite de la série droite.

» Les formules suivantes représentent alors les relations stéréochimiques qui unissent l'érythrulose à ses deux produits d'hydrogénation

$$\underbrace{\begin{array}{c} CH^2.OH \\ | \\ H - C - OH \\ | \\ H - C - OH \\ | \\ CH^2.OH \end{array}}_{i\text{-érythrite.}} \qquad \underbrace{\begin{array}{c} CH^2.OH \\ | \\ H - C - OH \\ | \\ CO \\ | \\ CH^2.OH \end{array}}_{d\text{-érythrulose.}} \qquad \underbrace{\begin{array}{c} CH^2.OH \\ | \\ H - C - OH \\ | \\ OH - C - H \\ | \\ CH^2.OH \end{array}}_{d\text{-érythrite } (^1).}$$

et l'on doit conclure que le sucre obtenu par l'action de la bactérie du sorbose sur l'érythrite est de l'érythrulose droit.

» Ce passage de l'érythrite inactive à l'érythrite droite, à l'aide de la bactérie du sorbose, est absolument comparable à celui que j'ai rapporté antérieurement de la sorbite ordinaire à la *d*-idite (²). Il montre, une fois de plus, l'extrême précision du fonctionnement chimico-physiologique de certaines cellules et tous les avantages qu'on pourrait retirer en Chimie de l'emploi judicieux des microbes. »

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action du chlorure de cyanogène sur l'acétonedicarbonate d'éthyle* (³). Note de M. **Juvénal Derôme.**

« Comme l'ont montré MM. Dünschmann et de Pechmann (⁴), les éthers acétonedicarboniques, possédant deux groupes méthylènes compris entre les radicaux CO et $CO^2C^2H^5$, se prêtent à une série de substitutions analogues à celles auxquelles donnent lieu les éthers acétoacétiques, maloniques, cyanacétiques, etc.

(¹) Soit $1\frac{2}{3}4$, d'après l'ingénieuse notation proposée par M. Maquenne (*Les Sucres*, Paris; 1900).

(²) *Bull. Soc. chim.*, 3ᵉ série, t. XIX, p. 259; 1898. Ce travail, dont je n'avais malheureusement pas publié les détails, a trouvé une confirmation récente dans les belles recherches de MM. Lobry de Bruyn et van Ekenstein. [Le *d*-sorbose et le *l*-sorbose (ψ-tagatose) et leur configuration; *Recueil des travaux chimiques des Pays-Bas*, t. XIX, p. 1; 1900.]

(³) Travail effectué au laboratoire de M. le professeur Haller, à la Sorbonne.

(⁴) Dünschmann et de Pechmann, *Annales de Liebig*, t. CCLXI, p. 167 et suiv.

» En traitant les dérivés sodés de ces derniers éthers par du chlorure de cyanogène, M. Haller et ses élèves ont obtenu une série d'éthers cyanés et dicyanés à fonction acide très prononcée, et susceptibles de donner des sels très caractéristiques.

» L'acétonedicarbonate d'éthyle se comporte de la même manière :

» *Préparation de l'acétonedicarbonate d'éthyle monocyané* (cyano$_2$ pentanone$_3$ dioate d'éthyle). — Une molécule d'acétonedicarbonate d'éthyle a été traitée par une molécule d'éthylate de sodium, bien à froid, de manière à n'obtenir que le dérivé monosodé. Celui-ci, en solution alcoolique, a été alors traité à froid par un courant lent de chlorure de cyanogène ($\frac{1}{2}$ molécule). La première formule qui se présente à l'esprit pour traduire la réaction est la suivante

$$\begin{aligned}&CO^2C^2H^5 - CHNa - CO - CH^2 - CO^2C^2H^5 + CAzCl\\&= NaCl + CO^2C^2H^5 - \underset{\displaystyle\overset{|}{CAz}}{CH} - CO - CH^2 - CO^2C^2H^5.\end{aligned}$$

» Mais, ainsi que l'a montré M. Haller dans des cas analogues, le dérivé cyané obtenu doit être doué de propriétés plus acides que l'acétonedicarbonate d'éthyle; aussi réagit-il sur une autre portion du dérivé monosodé pour donner

$$\begin{aligned}&CO^2C^2H^5 - CHNa - CO - CH^2 - CO^2C^2H^5 + CO^2C^2H^5 - \underset{\displaystyle\overset{|}{CAz}}{CH} - CO - CH^2 - CO^2C^2H^5\\&= CO^2C^2H^5 - CH^2 - CO - CH^2 - CO^2C^2H^5 + CO^2C^2H^5 - \underset{\displaystyle\overset{|}{CAz}}{CNa} - CO - CH^2 - CO^2C^2H^5.\end{aligned}$$

» En définitive, on régénère la moitié de l'acétonedicarbonate d'éthyle employé; l'autre moitié est transformée en dérivé monosodé de l'acétonedicarbonate d'éthyle monocyané. Par un épuisement à l'éther, on enlève l'acétonedicarbonate d'éthyle régénéré; par l'acide sulfurique étendu, on met ensuite en liberté le nitrile, qui est enfin extrait par un nouvel épuisement à l'éther. Cette solution éthérée donne, par évaporation lente, de beaux cristaux d'acétonedicarbonate d'éthyle monocyané.

» Ces cristaux sont incolores et transparents; ils fondent à 43°-44°. Ils sont très peu solubles dans l'eau, peu solubles dans la ligroïne, solubles dans l'acide acétique et le sulfure de carbone, très solubles dans l'éther ordinaire, le chloroforme et le benzène.

» *Combinaisons métalliques.* — L'acétonedicarbonate d'éthyle mono-

cyané contient encore trois atomes d'hydrogène se prêtant aux substitutions; mais, parmi ces trois atomes, celui qui est voisin du groupement CAz doit être plus acide que les deux autres : c'est donc sur lui que vont porter les premières substitutions. C'est ainsi qu'en dissolvant l'acétonedicarbonate d'éthyle monocyané dans le carbonate de sodium en solution concentrée, jusqu'à neutralité, puis traitant par l'azotate d'argent, j'ai obtenu le dérivé argentique

$$C^{10}H^{12}O^5AzAg,$$

blanc, noircissant à la lumière.

» De même encore l'acétonedicarbonate d'éthyle monocyané dissous dans le chloroforme et traité par l'acétate de cuivre a donné le dérivé cuivrique

$$(C^{10}H^{12}O^5Az)^2Cu,$$

soluble dans le chloroforme, d'où il cristallise en petits cristaux verts.

» J'ai aussi préparé le dérivé barytique

$$(C^{10}H^{12}O^5Az)^2Ba;$$

il est soluble dans l'eau.

» *Dérivé éthylique.* — Enfin, en faisant réagir l'iodure d'éthyle sur le dérivé argentique en suspension dans l'éther, j'ai obtenu le composé

$$C^{10}H^{12}O^5Az(C^2H^5).$$

Il cristallise de sa solution éthérée en petits cristaux blancs, soyeux, très peu solubles dans l'eau, solubles dans le chloroforme et le benzène. Ils fondent à 55°.

» La formule développée de ce composé peut être la suivante :

$$\begin{array}{c} C^2H^5 \\ | \\ CO^2C^2H^5 - C - CO - CH^2 - CO^2C^2H^5, \\ | \\ CAz \end{array}$$

mais il peut se faire aussi que, par un mécanisme bien connu de transposition moléculaire avec création d'une double liaison, elle réponde à la forme tautomère

$$\begin{array}{l} CO^2C^2H^5 - \underset{\displaystyle CAz}{\overset{}{\underset{|}{C}}} = CO(C^2H^5) - CH^2 - CO^2C^2H^5, \end{array}$$

provenant de l'isomère énolique

$$CO^2C^2H^5 - \underset{\displaystyle CAz}{\underset{|}{C}} = COH - CH^2 - CO^2C^2H^5.$$

» C'est ce que l'action de la potasse alcoolique ou encore de l'ammoniaque aqueuse me permettra sans doute de décider.

» Tout en continuant l'étude de ces corps cyanés, j'ai l'intention de répéter avec l'acétonedicarbonate de méthyle quelques-unes des principales réactions que j'aurai obtenues. »

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur des combinaisons métalliques de la diphénylcarbazone*. Note de M. **P. Cazeneuve**.

« La diphénylcarbazide symétrique ou urée de la phénylhydrazine, sous certaines influences oxydantes (action de MnO^2, HgO et enfin de la potasse alcoolique) (1), se transforme en un produit asymétrique de déshydrogénation appelé par E. Fischer *diphénylcarbazone*. Ce dernier corps se forme d'après l'équation suivante :

$$CO\begin{cases} AzH - AzH.C^6H^5 \\ AzH - AzH - C^6H^5 \end{cases} + O = CO\begin{cases} AzH - AzH.C^6H^5 \\ Az = Az.C^6H^5 \end{cases} + H^2O.$$

» En faisant bouillir la diphénylcarbazide symétrique pendant dix minutes avec son poids de potasse au sein de vingt fois son poids d'alcool à 93°, on obtient ce dérivé sous forme de matière colorante rouge orangé qu'on précipite au sein d'un excès d'eau par l'acide sulfurique.

» Si l'on a signalé ce dérivé coloré, on a méconnu jusqu'à présent le caractère acide. On peut obtenir, en effet, des sels de la formule

$$CO\begin{cases} AzM - AzH.C^6H^5 \\ Az = Az.C^6H^5 \end{cases}.$$

» Le groupement COAzH est acide bien que ne décomposant pas cependant les carbonates.

» Après ébullition au sein de la *potasse* alcoolique, en prenant les proportions que

(1) Heller, *A.*, t. CCLXIII, p. 274.

j'ai indiquées, on obtient une belle cristallisation après refroidissement d'une combinaison potassique correspondant à la formule $CO\begin{smallmatrix}\diagup AzK - AzH.C^6H^5 \\ \diagdown Az = Az.C^6H^5\end{smallmatrix}$.

» Ces cristaux vus par réflexion présentent une teinte violet noir avec des reflets mordorés. Ce sont des lames rhomboédriques.

» Ils sont assez solubles dans l'eau, mieux dans l'alcool, le chloroforme, la benzine. Ils sont un peu solubles dans l'éther.

» On obtient ce même corps par ébullition de la diphénylcarbazide au sein du toluène avec le potassium.

» L'ébullition de la diphénylcarbazide avec de la *soude* alcoolique dans les mêmes proportions donne le corps : $CO\begin{smallmatrix}\diagup AzNa - AzH.C^6H^5 \\ \diagdown Az = Az.C^6H^5\end{smallmatrix}$, qui cristallise également au sein de l'alcool sous forme de lames de couleur marron.

» Au sein du toluène, le sodium donne avec la diphénylcarbazide ce même dérivé monobasique de la diphénylcarbazone.

» Avec un excès de potassium ou de sodium, on ne parvient pas à faire les dérivés dimétalliques.

» Une autre particularité est que les corps obtenus, soit par action du sodium ou du potassium au sein du toluène, soit par action de la potasse ou de la soude alcoolique, ne sont jamais des dérivés de la diphénylcarbazide, mais bien de la diphénylcarbazone, c'est-à-dire du corps asymétrique $CO\begin{smallmatrix}\diagup AzH - AzH.C^6H^5 \\ \diagdown Az = Az.C^6H^5\end{smallmatrix}$, formés avec dégagement d'hydrogène.

» Ces dérivés alcalins se prêtent à la double décomposition avec les sels métalliques.

» Les acétates de zinc, de plomb, de cuivre, de mercure, de fer, de chrome, de nickel, de cobalt, etc. donnent des précipités au sein de l'eau avec la solution aqueuse de la diphénylcarbazone potassique.

» Ces précipités varient, comme couleur, du rouge cerise au violet et au bleu.

» Les combinaisons zinciques, plombiques, de ferrosum, de nickel, de cobalt sont rouge cerise. Le composé cuprique est violet, le composé mercurique est bleu. Ces combinaisons, véritables laques, sont solubles dans l'alcool, la benzine, le sulfure de carbone. Elles sont un peu solubles dans l'éther et surtout très solubles dans le chloroforme. Suivant les solvants, une même laque donne une solution de nuance légèrement variable.

» Les sels d'alcaloïdes ne donnent pas de précipités avec la diphénylcarbazone potassique ou sodique.

» Les sels d'argent font la double décomposition et donnent un composé bleu violacé qui se décompose instantanément à froid avec dépôt d'argent métallique. Le chlorure d'or est également réduit. Le chlorure de platine donne un dérivé platinique qui se dissout en rouge acajou dans l'alcool, le chloroforme, etc.

» Ces laques métalliques ne cristallisent pas de leurs dissolvants.

» Elles sont décomposables par la chaleur au-dessous ou à 100°. La décomposition a lieu avec vivacité ou explosion; elle rappelle le mode de décomposition des diazoïques. »

ZOOLOGIE. — *Pression osmotique de l'œuf, et polyembryonie expérimentale.* Note de M. E. **Bataillon**, présentée par M. de Lacaze-Duthiers.

« En soumettant des œufs de Petromyzon fraîchement fécondés à des solutions isotoniques variées, j'avais pour unique objectif de mettre en relief les variations constantes relevant vraisemblablement des seuls facteurs : *pression osmotique* et *déshydratation*. Mais l'évolution, arrêtée aux premiers stades par des solutions fortes de sel ou de sucre, se poursuit avec des caractères nouveaux si l'on reporte à temps les matériaux dans le milieu normal.

» La fécondation est faite dans l'eau ordinaire, et, deux heures après, les œufs sont plongés dans le sucre à 10 pour 100 ou dans le sel à 1 pour 100. Au bout de dix-huit heures, on constate un arrêt aux stades à deux, quatre, huit ou dix éléments. La morula est beaucoup plus avancée sur les témoins. Les matériaux sont reportés dans l'eau ordinaire, avec leurs blastomères profondément incisés comme dans les expériences précédentes. Mais les segmentations ultérieures ne présentent plus ce caractère : chaque élément initial va servir de point de départ à une ébauche distincte, isolée de ses voisines, et dont la destinée ultérieure variera avec la taille, vraisemblablement aussi avec la teneur en vitellus.

» *Si l'arrêt momentané a porté sur deux blastomères sensiblement égaux, l'évolution ne diffère en rien de celle qui a été décrite dans le cas de blastotomie spontanée* (¹) : *elle conduit à deux larves jumelles.*

» Si l'on a pour point de départ deux segments inégaux, l'ébauche la plus petite se différencie plus lentement, mais n'arrive à terme que si elle répond à $\frac{1}{3}$ *au moins du volume total.*

» Avec trois blastomères sensiblement égaux, j'ai observé trois ébauches gastrulaires munies chacune de leur blastopore; mais aucune d'elles n'a différencié ses bourrelets médullaires.

» Il arrive fréquemment, étant donnée l'irrégularité des premières segmentations, qu'une ou plusieurs ébauches s'arrêtent au stade blastulaire, une seule, la plus volumineuse, parcourant toute son évolution.

(¹) E. Bataillon, *Blastotomie spontanée et larves jumelles chez* Petromyzon Planesi (*Comptes rendus,* 30 avril 1900).

» Enfin, si les blastulas sont trop nombreuses (4 à 8 par exemple), elles avortent régulièrement.

» Il importe de remarquer que les témoins provenant de la même fécondation n'ont pas fourni une seule formation double ou anormale.

» *En somme, si, préalablement, on augmente la pression osmotique de l'œuf par des concentrations suffisantes et isotoniques de sel ou de sucre, la différence exagérée au contact de l'eau pure détermine la séparation des blastomères et leur évolution isolée en autant d'ébauches distinctes.*

» Loeb (¹) expose les œufs d'oursin à l'eau de mer diluée, et, les transportant ensuite dans l'eau de mer normale, il observe des extraovats et des développements doubles; il obtient également des développements doubles sans extraovat. Évidemment, nos opérations diffèrent : celle de Loeb n'est pas applicable aux matériaux d'eau douce. Mais les deux cas doivent être rapprochés, car il s'agit toujours de changements brusques portant sur la *pression osmotique*. Le parallèle s'impose d'autant mieux que l'auteur en question fait nettement ressortir l'importance de ce facteur physique et fait appel, pour l'explication des formations doubles ordinaires, à une différence de pression exagérée entre l'œuf anormal, « pathologique », et les liquides utérins (« le sang en première ligne »).

» Les expériences ci-dessus, portant sur un type vertébré, viennent à l'appui de sa manière de voir. Cette idée, qui repose sur les faits, permet de comprendre les formations doubles, normales ou monstrueuses, sans faire intervenir une division incomplète de l'œuf avant la fécondation (Schultze), des troubles dans la gastrulation (Hertwig), etc.

» Mais l'explication paraît sortir du domaine de l'hypothèse, si l'on tient compte du développement régulier et complet de larves jumelles, tel qu'il a été suivi *en dehors de toute intervention,* à la fin de la période du frai, sur des œufs ayant séjourné dans les conduits sexuels (²). Il ne s'agit pas d'un cas isolé : car des lots d'origine différente ont donné les mêmes résultats. Or, ces œufs sont dans un état *pathologique* attesté par le fait que seule l'évolution anormale suit son cours, la segmentation des ébauches simples étant promptement enrayée quand elle commence.

» D'autre part, l'excès de pression osmotique semble marqué d'une

---

(¹) J. LOEB, *Beiträge zür Entwickelungs Mechanik der aus einem Eientschenden Doppelteildungen* (*Arch. f. Entwick. Mech.*, 1895, p. 453-472).

(²) E. BATAILLON, *Loc. cit.*

façon assez nette par la formation fréquente d'extraovats chez deux des œufs qui n'évoluent pas.

» Il est inutile d'insister sur la signification de ces faits au point de vue de la thèse de l'*Isotropie*. Le *développement indépendant des blastomères* n'est pas *fonction du lieu*, comme le voulait Driesch, et l'on ne saurait faire intervenir à son sujet des actions élémentaires réciproques. Il paraît dépendre de la *forme* [suivant l'idée que j'émettais en 1896 (1), et qui est du reste celle de Loeb (2)], de la forme qui peut être *fixée* uniquement par une variation brusque de pression s'il y a plusieurs ébauches distinctes sans extraovat, fixée également pour les extraovats d'oursins par l'étranglement accusé du pédicule.

» *En tout cas, l'observation et l'expérimentation permettent d'attribuer à la plupart des formations doubles ou multiples une origine précoce. Cette origine serait dans la séparation mécanique des premiers blastomères sous l'influence d'un excès de pression osmotique.* »

PALÉONTOLOGIE. — *Sur les Lémuriens subfossiles de Madagascar.* Note de M. **Guillaume Grandidier**, présentée par M. H. Filhol.

« On a souvent émis l'opinion que Madagascar avait autrefois une étendue très supérieure à celle qu'elle occupe aujourd'hui. Les botanistes ont constaté que le nombre des espèces de plantes qu'on y a trouvées est beaucoup plus considérable que ne le comportent ses limites présentes; les zoologistes apportent maintenant leur appui à cette hypothèse. En effet, cette île dont la faune actuelle, qui présente de si curieuses analogies avec celle des temps tertiaires, a dès longtemps excité l'intérêt des savants, attire en ce moment, d'une manière toute particulière, leur attention par la découverte de nombreux restes d'animaux subfossiles qui l'ont jadis habitée et qui n'y existent plus aujourd'hui, quoique leur disparition ne remonte pas à une époque bien ancienne, puisqu'ils ont vécu du temps de l'homme.

---

(1) *Nouvelles recherches sur les Mécanismes de l'Évolution* (*Arch. Zool. Exp.*, 1897).

(2) J. Loeb, *Ueber die angebliche g.g. Beinflüssung der Furchungszellen*, etc. (*Arch. f. Entw. Mech.*; 1899).

» Jusqu'en 1893, en dehors des *Æpyornis,* ces oiseaux brévipennes de si grande taille, qui ont été décrits dans les *Comptes rendus,* en 1850, par Geoffroy Saint-Hilaire et par MM. Alphonse Milne-Edwards et Alfred Grandidier en 1868, et des deux petites espèces d'hippopotame, *Hippopotamus Lemerlei* (Alfred Grandidier, 1868) et *H. leptorynchus* (Alfred Grandidier et Henri Filhol, 1890), aucun autre représentant des ordres supérieurs de vertébrés n'avait été signalé. En cette année, M. Forsyth Major fit part, aux membres de la Société Royale d'Angleterre, de la découverte faite, sur la côte sud-ouest de Madagascar, dans les marais d'Ambolisatra, d'un crâne de Lémurien gigantesque, voisin des mammifères fossiles trouvés dans les terrains éocènes de France, les *Adapis,* et qu'il nomma, en conséquence, *Megaladapis.*

» Peu après, M. Filhol fit l'étude des nombreux ossements provenant de la même région, qui existaient au Muséum d'Histoire naturelle, et, en 1895, il donna la description de quatre genres nouveaux de Lémuriens disparus et de deux espèces de *Lemur* de taille bien supérieure à tous ceux qui vivent actuellement.

» A mon retour de Madagascar, en 1899, désirant préparer une étude d'ensemble sur ces animaux, j'ai rassemblé tous les matériaux que j'ai pu me procurer; en outre des types déjà décrits, les envois de M. Bastard, arrivés il y a quelques semaines, les collections paléontologiques de M. Jully et les miennes m'ont fourni l'occasion d'études nouvelles et intéressantes. Les os de Lémuriens y étaient en grand nombre; mais dans la majeure partie des cas, afin d'éviter des doubles emplois, je me suis contenté de donner la diagnose des animaux dont je possédais les dents qui peuvent seules permettre de faire des déterminations précises. Quatre genres nouveaux viennent ainsi d'être décrits. Le plus remarquable par sa taille est le *Peloriadapis,* qui paraît être actuellement le plus grand mammifère quadrumane connu; il est voisin du *Megaladapis* dont il diffère par des dimensions presque doubles et par la disposition de l'arcade zygomatique. Deux autres genres, le *Paleopropithecus* et le *Paleochirogalus* se signalent aussi par les analogies qu'ils présentent avec les Lémuriens encore vivants, les *Propithecus* et les *Chirogalus;* quoique la forme générale des dents soit assez semblable, ils en diffèrent cependant par leur taille qui est bien supérieure; ils étaient en outre plus trapus et les os et les insertions musculaires montrent qu'ils avaient des membres courts et puissants; enfin leur vie était moins arboricole, plus terrestre que celle de leurs congénères actuels.

» Tous les débris de ces animaux ont été trouvés jusqu'ici soit à peu de profondeur dans les tourbières des environs d'Antsirabé au centre même de l'île, soit dans les marécages qui bordent la côte ouest, soit encore dans certaines grottes des régions calcaires du sud; ils sont généralement en grande quantité, formant de vastes ossuaires où les espèces subfossiles et vivantes sont le plus souvent mêlées.

» En résumé, les Lémuriens dont les ossements ont été, jusqu'à ce jour, trouvés à Madagascar à l'état subfossile sont les

» *Megaladapis madagascariensis* (Forsyth Major) (1).
» *Filholi* (Guillaume Grandidier) (2).
» *Peloriadapis Edwardsi* (G. G.) (3).
» *Propithecus Verreauxi* (espèce encore vivante).
» *Paleopropithecus ingens* (G. G.) (4).
» *Lemur intermedius* (Henri Filhol) (5).
» *insignis* (H. F.) (6).
» *Bradylemur robustus* (G. G.) (7).
» *Bastardi* (G. G.) (8).
» *Dinolemur Grevei* (H. F.) (9).
» *Lophiolemur Edwardsi* (H. F.) (10).
» *Nesopithecus Roberti* (F. M.) (11)

---

(1) *Megaladapis madagascariensis* [Forsyth Major, *Phil. Trans.*, t. CLXXXV, p. 15, Pl. V-VII; 1894. — *Proc. Zool. Soc.*, Vol. LXII, p. 46; 1897 (description of brain). — Trouessart, *La Nature*, t. XXII; 1894. — G. Grandidier, *Bull. M. H. N.*, n° 6; 1899. — *Bull. M. H. N.*, n° 5; 1900].

(2) *Megaladapis Filholi* (G. Grandidier, *Bull. M. H. N.*, n° 6; 1899).

(3) *Peloriadapis Edwardsi* (G. Grandidier, *Bull. M. H. N.*, n° 6; 1899. — *Bull. M. H. N.*, n° 7; 1899).

(4) *Paleopropithecus ingens* (G. Grandidier, *Bull. M. H. N.*, n° 7; 1899. — *Bull. M. H. N.*, n° 5; 1900).

(5) *Lemur intermedius* (Filhol, *Bull. M. H. N.*, p. 12; 1895. — G. Grandidier, *Bull. M. H. N.*, n° 5; 1900).

(6) *Lemur insignis* (Filhol, *Bull. M. H. N.*, p. 12; 1895. — G. Grandidier, *Bull. M. H. N.*, n° 5; 1900).

(7) *Bradylemur robustus* (G. Grandidier, *Bull. M. H. N.*, n° 7; 1899).

(8) *Bradylemur Bastardi* (G. Grandidier, *Bull. M. H. N.*, n° 5; 1900).

(9) *Dinolemur Grevei* (Filhol, *Bull. M. H. N.*, p. 12; 1895. — G. Grandidier, *Bull. M. H. N.*, n° 5; 1900).

(10) *Lophiolemur Edwardsi* (Filhol, *Bull. M. H. N.*, p. 13; 1895).

(11) *Nesopithecus Roberti* (Forsyth Major, *Geolog. Magaz.*, octobre 1896. — Trouessart, *La Nature*, janvier 1897).

» *Thaumastolemur Grandidieri* (H. F.) (1).
» *Archæolemur Majori* (H. F.) (2).
» *robustus* (G. G.) (3).
» *Globilemur Flacourti* (F. M.) (4).
» *Paleochirogalus Jullyi* (G. G.) (5).

» Il est probable que cette liste s'augmentera encore, mais j'ai tenu à appeler, dès aujourd'hui, l'attention sur cette faune disparue, si intéressante à tous les points de vue et qui confirme l'opinion que l'île de Madagascar avait jadis, comme je l'ai dit en commençant, une étendue de beaucoup supérieure à celle qu'elle a actuellement. »

PALÉONTOLOGIE. — *Sur la découverte d'une caverne à ossements, à la carrière des Bains-Romains, à l'ouest d'Alger.* Note de MM. **E. Ficheur** et **A. Brives**, présentée par M. Albert Gaudry.

« La côte rocheuse du massif de Bouzaréa, à l'ouest d'Alger, a présenté déjà en différents points des poches à ossements qui ont permis d'étudier une partie de la faune pleistocène. La caverne du Grand-Rocher, près Guyotville, fouillée par le Dr Bourjot, les deux grottes de la Pointe-Pescade, dont la dernière a fait l'objet d'une communication de Pomel (10 décembre 1894), ont fourni des matériaux nombreux; les plus importants ont été décrits et figurés dans les monographies des Vertébrés quaternaires de l'Algérie, publication interrompue par la mort du savant paléontologiste d'Alger.

» Des travaux entrepris pour l'exploitation en carrière du rocher calcaire des Bains-Romains, à 7km à l'ouest d'Alger, ont mis à découvert une nouvelle grotte à ossements dont les matériaux ont été recueillis par l'entrepreneur des travaux, M. Denize, qui les a gracieusement mis à notre disposition.

---

(1) *Thaumastolemur Grandidieri* (Filhol, *Bull. M. H. N.*, p. 13; 1895. — G. Grandidier, *Bull. M. H. N.*, no 5; 1900).
(2) *Archæolemur Majori* (Filhol, *Bull. M. H. N.*, p. 13; 1895).
(3) *Archæolemur robustus* (G. Grandidier, *Bull. M. H. N.*, no 6; 1900).
(4) *Globilemur Flacourti* [Forsyth Major, *Proc. Zool. Soc.*, p. 532; 1893 (description of skull). — *Proc. Zool. Soc.*, Vol. LXII, p. 46; 1897 (description of brain)]
(5) *Paleochirogalus Jullyi* (G. Grandidier, *Bull. M. H. N.*, no 7; 1899).

» Nous avons pu, dans nos visites au gisement, recueillir dans les déblais un grand nombre de débris intéressants : l'un de nous a été chargé par M. Pouyanne, Directeur du Service géologique, de continuer ces recherches et de surveiller les travaux de dégagement de la grotte, dont l'entrée est actuellement obstruée par l'accumulation des blocs éboulés. En attendant les résultats que donneront les fouilles directement effectuées, il nous a paru utile de signaler ce nouveau gisement, qui renferme une faune très analogue à celle de la grotte de Pointe-Pescade, dont la distance n'est guère que de 2^{km}.

» La grotte des Bains-Romains est une poche creusée dans le calcaire, dont l'ouverture fait face au rivage, à 150^m environ de la falaise et à 15^m au-dessus du niveau de la mer. Le plancher est constitué par un dépôt marin, grès grossier et petit poudingue, offrant la structure du grès coquillier à pectoncles de la plage émergée, et renfermant ici de nombreuses coquilles, *Patella ferruginea, Conus mediterraneus, Cerithium vulgatum, Monodonta tuberculata, Pectunculus,* etc. et petits polypiers. Au-dessus de cette couche, une accumulation de terre grisâtre dans laquelle les ossements étaient disséminés. Il ne paraît pas y avoir eu sur ce point d'accumulation d'ossements par pénétration dans les fissures superficielles, comme cela s'est produit vraisemblablement pour la Pointe-Pescade.

» Les débris de l'industrie humaine y sont représentés par des silex taillés, du type moustérien. Une molaire inférieure est le seul débris de l'homme, dont la présence est encore décelée par la calcination de quelques pièces osseuses.

» Les ossements recueillis se rapportent aux espèces suivantes :

» Carnassiers. — *Canidés*, plusieurs humérus, probablement des variétés du *Canis familiaris*, du Grand-Rocher.

» *Félidés*. — Métacarpien de petite taille (?).

» *Viverriens*. — Un humérus d'une espèce de grande taille.

» Rongeurs. — Quelques os des membres antérieur et postérieur.

» Ruminants. — *Bubalus antiquus* Duvernoy : deux arrière-molaires inférieures et une molaire supérieure.

» *Bos opisthonomus* Pomel. — Portion de crâne avec base de corne, molaires supérieures, humérus, métacarpiens, astragale, phalange onguéale.

» *Cervus* voisin du *Daim*, appelé par M. Pomel *pachygenys*. — Portion de mandibule droite; portion de maxillaire droit avec quatre molaires.

» *Connochœtes prognu* Pomel. — Une portion de mandibule recueillie antérieurement sur ce point par M. Delage (1885) et figurée (Monog. Bosélaphes, pl. II); une arrière-molaire inférieure.

» *Boselaphus cf. probubalis* Pomel. — Arrière-molaire inférieure très peu différente de l'espèce décrite.

» Les *Antilopes* sont représentées par des fragments de cornes qui se rapportent aux variétés de gazelles appelées par M. Pomel :

» *Antilope* (*Dorcas*) *crassicornis*. — Fémur, astragale.

» *Antilope* (*Dorcas*) *nodicornis*.

» *Antilope* (*Dorcas*) *triquetricornis*.—2 mandibules, fémur, métatarsien, astragale.

» *Antilope* sp., corne et frontal, deux fois plus fort que *A. crassicornis*.

» Ongulés artiodactyles. — *Hippopotamus* du type *amphibius*, qui a reçu de M. Pomel le nom d'*icosiensis*. — Canine inférieure et incisives supérieures; plusieurs humérus, radio-cubitus, fémur, tibia.

» Pachydermes périssodactyles. — *Rhinoceros* bien voisin du *Rh. bicornis* appelé par M. Pomel *subinermis*. — Arrière-molaires supérieures et inférieures, humérus, fémur, métacarpien.

» Solipèdes. — *Equus asinus africanus* (?) Sanson : molaires identiques aux échantillons du Grand-Rocher.

» Cette faune, bien qu'incomplète, montre l'association des mêmes espèces que dans la grotte du tunnel de la Pointe-Pescade. Les *Bubalus, Bos, Hippopotamus, Rhinoceros, Connochœtes, Boselaphus, Cervus*, Antilopes sont semblables dans les deux gisements. L'éléphant (*E. atlanticus*) fait jusqu'ici défaut, mais on rencontre le même Équidé qu'à la grotte du Grand-Rocher. Le *Cervus pachygenys*, jusqu'ici connu seulement par quatre exemplaires de la mandibule gauche, dont deux de la Pointe-Pescade, nous a offert une mandibule droite et une portion de maxillaire, ce qui permet d'espérer des documents plus complets des nouvelles fouilles.

» Il importe de constater la présence des silex de type moustérien, tandis que la grotte du Grand-Rocher, qui ne renferme qu'un petit nombre d'espèces communes, a procuré des instruments de la pierre polie.

» Les pentes inférieures de la Bouzaréa se trouvaient donc, à cette phase récente du Pleistocène, habitées par ces grands mammifères, Éléphants, Hippopotames, Rhinocéros, Buffles, dont le mode d'existence est impossible à concilier avec la configuration actuelle du pays; les modifications du littoral algérien ont été considérables depuis cette époque; les plages quaternaires, jalonnées aujourd'hui par des témoins très restreints et souvent isolés, ont dû avoir une grande extension autour de ces massifs dont la base est aujourd'hui découpée en falaises. Ces falaises ont conservé dans leurs excavations les débris de la faune de grands mammifères retrouvés sur différents points de la côte algérienne. »

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Mode d'action des sérums antileucocytaires sur la coagulation du sang.* Note de M. C. **Delezenne**, présentée par M. Duclaux.

« Dans une précédente Note ([1]) j'ai montré que les sérums antileucocytaires possèdent la propriété de suspendre la coagulation du sang, lorsqu'ils sont injectés, à faible dose, dans le torrent circulatoire.

» Je voudrais montrer aujourd'hui l'identité du mode d'action des sérums antileucocytaires et des agents anticoagulants du groupe de la peptone.

» Pour faire cette démonstration, il nous suffira d'établir : 1° que les injections intraveineuses des sérums actifs provoquent, comme les injections de peptone, la mise en liberté dans le plasma sanguin d'une substance nouvelle douée de propriétés anticoagulantes directes; 2° que le foie joue avec le leucocyte un rôle essentiel dans la production ou la mise en activité de cette substance.

» Le sang recueilli quelques minutes après l'injection d'une dose appropriée de sérum antileucocytaire conserve non seulement sa fluidité pendant plusieurs jours, mais possède lui-même la propriété d'empêcher la coagulation d'un échantillon de sang normal lorsqu'il est ajouté à ce dernier en de certaines proportions. Cette action empêchante est surtout manifeste lorsqu'on emploie non plus le sang total, mais la couche de plasma qui apparaît très rapidement dans les échantillons recueillis après l'injection et qui ressemble à s'y méprendre au plasma peptoné, tant par son aspect que par ses diverses propriétés.

» Ainsi l'addition de 3^{cc} ou 4^{cc} de plasma à 8^{cc} ou 10^{cc} de sang normal de chien suffit d'ordinaire pour retarder la coagulation du mélange pour plus de vingt-quatre heures.

» Je crois inutile de rappeler que les sérums actifs ajoutés directement au sang *in vitro* en précipitent toujours la coagulation, quelle que soit d'ailleurs la dose employée.

» Cette expérience suffit à démontrer que les effets des injections intraveineuses de sérum antileucocytaire résultent de la mise en liberté dans le plasma sanguin d'une substance nouvelle possédant des propriétés anticoagulantes directes.

» Je me suis assuré, d'autre part, que l'extirpation du foie supprime d'une façon complète les effets anticoagulants des injections de sérum

---

([1]) *Comptes rendus*, 2 avril 1900.

actif. Quand l'ablation est totale, on observe même le plus souvent une accélération très marquée de la coagulation. La suppression du foie permet donc aux sérums antileucocytaires d'agir *in vivo* comme *in vitro*, c'est-à-dire pour favoriser la prise du caillot.

» J'ajouterai qu'il est d'ailleurs assez fréquent que les chiens injectés dans de telles conditions succombent par coagulation intravasculaire. Ce résultat est d'autant plus frappant que des animaux témoins, recevant des doses équivalentes du même sérum, peuvent fournir du sang incoagulable jusqu'à putréfaction.

» Je rapporte ci-dessous quelques expériences qui mettent nettement ces faits en évidence.

» *Expérience I.* — A un chien de $6^{kg},500$, à jeun depuis vingt-quatre heures, on prélève un échantillon de sang dont la coagulation est complète au bout de douze minutes, puis on injecte par la veine jugulaire $6^{cc},5$ de sérum actif provenant d'un lapin ayant reçu en l'espace de six semaines 5 injections intra-péritonéales de leucocytes de chien.

» Le sang recueilli cinq, dix, quinze et vingt minutes après l'injection est incoagulable et donne très rapidement une couche de plasma incolore. Trois jours après la prise, quelques échantillons sont encore incomplètement coagulés.

» *Expérience II.* — A un chien de $5^{kg},900$, à jeun depuis vingt-quatre heures, on pratique l'ablation du foie. Un échantillon de sang recueilli quelques minutes après l'opération est totalement coagulé en dix-huit minutes. Quelques instants après la prise, on injecte par la jugulaire $5^{cc},9$ de sérum actif (le sérum employé était le même que celui dont on s'était servi une heure plus tôt pour l'expérience précédente).

» Des échantillons de sang recueillis cinq, dix et quinze minutes après l'injection sont tous coagulés au bout de trois à sept minutes.

» *Expérience III.* — Un chien de $8^{kg},100$, auquel on a pratiqué l'ablation du foie, reçoit par la jugulaire 20^{cc} de sérum actif de chèvre.

» Le sang recueilli cinq minutes après l'injection se coagule en cinquante secondes, alors que les échantillons prélevés avant l'injection s'étaient coagulés en dix à onze minutes.

» L'animal meurt sept minutes après l'injection. A l'autopsie, faite immédiatement, on trouve de gros caillots dans le système veineux et le cœur droit. Petits coagulats dans le ventricule gauche.

» Un chien témoin injecté une demi-heure plus tard avec une dose équivalente du même sérum fournit un sang qui resta liquide jusqu'à putréfaction.

» Pour faire la contre-épreuve de ces expériences et mettre en lumière, par des expériences directes, le rôle respectif du foie et des globules blancs dans l'action des sérums leucolytiques, j'ai eu recours à la méthode des circulations artificielles.

» En faisant circuler à travers le foie du chien, isolé de l'organisme, des

doses appropriées de sérum actif, j'ai pu obtenir, comme avec la peptone, des liquides qui, ajoutés à faible dose au sang *in vitro*, en retardaient très nettement la coagulation. J'ai constaté, en outre, que l'expérience ne réussit pas si l'on opère sur un foie préalablement lavé, c'est-à-dire dont les vaisseaux ne renferment plus de leucocytes. On obtient au contraire les meilleurs résultats si l'on introduit, en même temps que le sérum, un liquide riche en globules blancs, le sang ou la lymphe par exemple.

» Comme on était en droit de s'y attendre, les circulations artificielles pratiquées à travers d'autres organes que le foie ne donnent jamais de résultats positifs.

» Toutes ces expériences démontrent d'une façon indiscutable, il me semble, que le mode d'action des sérums antileucocytaires sur la coagulation du sang est identique avec celui de la peptone. Le processus auquel donne lieu l'injection intraveineuse d'un agent leucolytique, quel qu'il soit, est donc le même dans tous les cas, et sa mise en jeu n'est autre que la destruction des globules blancs dans le sang circulant.

» Si le foie joue un rôle essentiel dans ce processus, il n'en est pas moins vrai qu'il n'intervient que secondairement, et à la condition d'être mis en contact avec les produits dérivés de la désintégration des leucocytes.

» Quelle est la nature intime du conflit qui s'engage entre la cellule hépatique et les produits leucocytaires pour aboutir finalement à la mise en activité d'une substance nouvelle douée de propriétés anticoagulantes directes? L'hypothèse la plus vraisemblable sur ce sujet est celle que nous avons déjà proposée : des deux substances antagonistes contenues dans le leucocyte et mises en liberté par sa désintégration, l'une, de nature coagulante, serait retenue par le foie, tandis que l'autre, restant en solution dans le plasma, assurerait ainsi la fluidité du sang extrait des vaisseaux. Cette hypothèse n'a d'ailleurs d'autre but que de réunir par un lien commun une série de faits bien observés et d'ouvrir la voie à de nouvelles investigations. »

PHYSIOLOGIE. — *Sur le rappel à la vie obtenu par la compression rythmée du cœur.* Note de MM. **Tuffier** et **Hallion**, présentée par M. Marey.

« M. Battelli, dans une Note récente (*Comptes rendus*, t. CXXX, n° 12, p. 800), a étudié la « restauration des fonctions du cœur et du système ner-

» veux central après l'anémie complète » ; il produisait cette anémie, sur des chiens adultes, en arrêtant les battements du cœur, soit par l'électrisation directe de cet organe, soit par la suffocation, soit par la chloroformisation. Lorsque les battements du cœur avaient complètement cessé, il ouvrait le thorax, y pratiquait un volet, saisissait le cœur à pleine main et exerçait une compression rythmée sur les ventricules. Il a pu ramener à la vie, pour un temps qui n'a jamais, il est vrai, dépassé vingt-deux heures, des chiens opérés dans ces conditions. Après d'intéressants détails sur la succession des phénomènes observés, il conclut : « Il est possible que ce » procédé puisse être appliqué d'une façon efficace chez l'homme, en cas » d'arrêt du cœur causé par la chloroformisation, par la suffocation, par » les accidents de l'industrie électrique, etc. »

» Sans vouloir le moins du monde reprocher à M. Battelli d'avoir ignoré nos travaux, et tout en reconnaissant que cet auteur a compris dans sa Note des recherches intéressantes qui lui sont personnelles, nous rappelons que nous avons nous-mêmes, au sujet de la mort du cœur par la chloroformisation, abordé la même question, réalisé les mêmes expériences, et obtenu des résultats qui nous ont suggéré la même application pratique relative aux syncopes cardiaques chez l'homme, application que nous avons réalisée (*Société de Biologie*, 29 octobre 1898, et *Société de Chirurgie*, 2 novembre 1898).

» Nous avons pu, quant à nous, rappeler définitivement à la santé, par la compression rythmée du cœur, après ouverture du thorax, deux chiens qui avaient subi, au cours de la chloroformisation, une syncope complète durant plusieurs minutes. L'ouverture, puis l'occlusion de la brèche thoracique avaient été pratiquées suivant une technique que nous avons décrite; cette manière de procéder, qui ne comporte aucune section costale, nous a peut-être permis, dans ces cas, d'éviter la mort à brève échéance, que M. Battelli tend à attribuer pour une part à la mutilation opératoire.

» Parfois, la compression cadencée du cœur n'a ramené les battements cardiaques qu'après un temps fort long (vingt minutes dans une de nos expériences).

» M. Battelli, grâce à l'application préalable d'un procédé qu'il a décrit avec M. Prévost (décharge électrique appliquée aux ventricules), est arrivé à rappeler les contractions systoliques du cœur, même dans les cas où cet organe était en état de trémulation fibrillaire ; ce fait est d'autant plus inté-

ressant que nous n'avons jamais pu (sauf dans un seul cas) ranimer par la simple compression rythmée un cœur qui se trouvait en trémulation.

» L'application à l'homme de ces résultats expérimentaux a été tentée par l'un de nous.

» Un homme de vingt-quatre ans, opéré depuis quatre jours pour des accidents aigus d'appendicite, présentait des suites opératoires normales, lorsqu'il fut, en ma présence, pris d'une syncope. Ayant constaté la cessation absolue des battements du cœur, nous fîmes d'abord de la respiration artificielle, combinée avec des tractions rythmées de la langue. En présence de l'insuccès de ces tentatives, je fendis le troisième espace intercostal, je décollai le péricarde, et saisissant la masse ventriculaire, je pratiquai sur elle 60 à 80 compressions rythmées. Les pulsations artérielles devinrent alors perceptibles et le patient ouvrit les yeux, remua la tête, regarda autour de lui, reconnut son médecin, mais, au bout de deux ou trois minutes, le pouls faiblit, puis s'arrêta de nouveau, et ne reprit que sous l'influence de nouvelles compressions rythmées. Ce résultat ne fut d'ailleurs que de courte durée, et, malgré un troisième essai, il me fut impossible de rappeler le malade à la vie.

» L'autopsie montra qu'il y avait un caillot dans la branche gauche de l'artère pulmonaire. Cette lésion a suffi sans doute pour empêcher que la vie se maintînt, de sorte que le réveil passager obtenu dans cette circonstance reste encourageant, sans que l'échec final défende d'espérer un meilleur succès dans des conditions moins défavorables.

» Ce qu'il importerait de préciser, et ce qui malheureusement est mal fixé, c'est le temps maximum que peut durer, *chez l'homme,* l'inertie *complète* du cœur, notamment à la suite de l'anesthésie chirurgicale, avant que l'on doive tenir pour irrévocablement inefficaces les manœuvres usuelles (respiration artificielle par manœuvres extérieures ou par insufflation, comme le recommande François-Franck, tractions de la langue par le procédé de Laborde, etc.) que l'on met en œuvre en pareil cas. Comme M. Battelli, nous avons vu, chez le chien, la compression rythmée du cœur agir encore après que ces diverses pratiques se montraient impuissantes; mais, d'autre part, cet auteur n'a pu ranimer le cœur plus de dix minutes après la cessation complète de ses contractions spontanées, et si nous y avons réussi après un délai un peu plus long, le fait a été exceptionnel. C'est pourquoi l'idéal serait de connaître, pour l'homme, au moins d'une façon approximative, la durée que peut avoir l'arrêt dûment constaté de tout battement cardiaque, avant que la compression directe des ventricules soit devenue l'unique ressource. L'attention des chirur-

giens, témoins des accidents de l'anesthésie, se porterait utilement sur ce point. »

A 4 heures et demie, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 5 heures.

M. B.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans la séance du 28 mai 1900.

Tables à quatre décimales des logarithmes de toutes les lignes trigonométriques, dans la division décimale du cercle entier, par J. de Rey-Pailhade. Paris, A. Hermann, 1900; 1 fasc. in-8°. (Hommage de l'Auteur.)

Observations sur les variations des glaciers et l'enneigement dans les Alpes dauphinoises, organisées par la Société des Touristes du Dauphiné, sous la direction de W. Kilian, *avec la collaboration de* G. Flusin, *de* 1890 *à* 1899. Grenoble, imp. Allier frères, 1900; 1 vol. petit in-4°.

Histoire de la Pharmacie : Origines, moyen âge, temps modernes, par L. André-Pontier. Paris, Octave Doin, 1900; 1 vol. in-8°. (Présenté par M. Moissan.)

La santé, la propreté et les bains-douches au point de vue hygiénique et social, par le Dr Georges Carrière. Paris, J.-B. Baillière et fils, 1900; 1 fasc. in-8°.

Statistique concernant 859 *condamnés,* par le Dr Charles Perrier : 1° *Catalogue des tableaux;* 2° *Catalogue des dessins par départements.* Nîmes, 1899; 1 fasc. in-8° et 18 photographies hors texte. (Hommage de l'Auteur.)

Ministère de l'Agriculture. Bulletin : Documents officiels, statistique, rapports, comptes rendus des missions en France et à l'Étranger. 19e année, n° 1. Paris, Imprimerie nationale, avril 1900; 1 fasc. in-8°.

Lametterie, sein Leben und seine Werke, von J.-E. Poritzky. Berlin, Ferd. Dümmlers, 1900; 1 vol. in-8°.

The norvegian north polar expedition 1893-1896 : *Scientific results,* edited by Fridtjof Nansen; vol. I. Christiania, 1900; 1 vol. in-4°. (Hommage de M. Fridtjof Nansen.)

Den norske nordhavs-expedition 1876-1878; XXVII. *Zoologi : Polyzoa*, ved O. Nordgaard. Christiania, 1900; 1 fasc. in-4°.

Maturation and fertilization in pulmonate Gasteropods, by Henry-R. Linville. Cambridge, Mass., U. S. A., 1900; 1 fasc. in-8°.

Toronto. General meteorological register for the year 1899, s. l. n. d.; 1 fasc. in-8°.

Verticals gradients of temperature, humidity and wind direction. A preliminary report on the kite observations of 1898, by H.-C. Frankenfield. Washington, 1899; 1 vol. in-8°.

Memorias y revista de la Sociedad cientifica Antonio Alzate, publicadas bajo la direccion de Rafael Aguilar y Santillan; t. XIV (1899-1900), n°s 1, 2. Mexico, 1899; 2 fasc. in-8°.

Annalen der Physik, herausgegeb. v. Paul Drude; 1900, n°s 1-5. Leipzig, Johann Ambrosius Barth; 5 fasc. in-8°.

Sitzungsberichte der königlich preussichen Akademie der Wissenschaften zu Berlin. I-XXI. Berlin, Georg Reimer, 1900; 13 fasc. in-8°.

Stad Antwerpen. Pædologisch jarboek, uitgegeven door het stedelijk gemeentebestuur, onder redactie van M.-C. Schuyten. Eerste jaargang. Antwerpen, J.-E. Buschmann, 1900; 1 vol. in-8°. (Hommage de M. C. Schuyten.)

Kongliga Svenska Vetenskaps-Akademiens. Handlingar; ny följd, Bd 32. Stockholm, 1899-1900; 1 vol. in-4°.

ERRATA.

(Séance du 21 mai 1900.)

Note de M. *C. Tissot*, Communications par télégraphie sans fil, etc. :

Page 1387, ligne 2 en remontant, *au lieu de* entre 1000 ohms et 2000 ohms seulement, *lisez* entre 12000 ohms et 20000 ohms seulement.

COMPTES RENDUS

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU MARDI 5 JUIN 1900,

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE LÉVY.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

ASTRONOMIE. — *Éclipse de Soleil du* 28 *mai* 1900, *observee à Paris.* Note de M. LŒWY.

« L'Académie sait certainement que nous n'avons pas été favorisés à Paris par le temps pour l'observation de l'éclipse du 28 mai. L'Observatoire de Paris avait fait de nombreux préparatifs pour étudier ce phénomène aussi bien au point de vue astronomique qu'au point de vue physique.

» Les recherches de photographie céleste ne peuvent avoir de succès que par un ciel absolument pur, condition qui nous a fait complètement défaut. Quelques épreuves ont été obtenues au moment de la plus grande phase, mais elles n'offrent aucune importance particulière.

» Au point de vue astronomique, on a réussi à observer la fin de l'éclipse

à travers les nuages. Malgré cette difficulté, les discordances entre les différents nombres obtenus ne sont pas trop grandes et la moyenne des résultats concorde très bien avec les prévisions de la *Connaissance des Temps,* ainsi qu'on le verra dans le Tableau ci-après :

MM. Paul Henry..........	5^h 12^m 6^s	Équatoriaux du jardin.
Prosper Henry.......	5 12 11	
Callandreau.........	5 12 16	Chercheur de l'équatorial de la tour de l'Est.
Renan............	5 12 8	Équatorial de Gambey.
Boquet..............	5 12 12	Lunette de Cauche.
Fayet...............	5 12 1	Équatorial de la tour de l'Ouest.

» M. Callandreau fait remarquer que l'instant du phénomène a été noté peut-être trop tôt et que le résultat donné comporte un certain doute. Il ajoute que, vers 4 heures, au moment d'une éclaircie, le corps de la Lune apparaissait assez bien à la vue directe, surtout vers la gauche de l'échancrure.

» M. Fayet indique que l'heure du dernier contact a dû être également notée trop tôt; il estime l'incertitude à environ dix secondes. »

ASTRONOMIE. — *Éclipse totale du* 28 *mai dernier.* Note de M. **J. Janssen.**

« L'éclipse totale du 28 mai dernier avait une bien courte durée, mais elle tirait son intérêt des contrées qu'elle traversait :

» En effet le phénomène commençait au sud de l'Amérique du Nord, franchissait l'Atlantique et traversait le Portugal, l'Espagne, l'Algérie et la Tunisie.

» La proximité des lieux d'observations des grands centres scientifiques d'Europe et d'Amérique avait amené un nombre très considérable d'observateurs.

» C'était l'étude de la couronne, étude qui n'a pu encore être rendue journalière par une méthode analogue à celle des protubérances, qui formait l'intérêt principal de ces observations.

» L'atmosphère coronale suffit-elle à l'explication de tous les phénomènes présentés par la couronne? Quelle est l'étendue, la composition chimique et physique de l'atmosphère coronale? L'importance de la cou-

ronne est-elle en rapport direct avec les maxima et minima de l'activité solaire, ainsi que cela avait été pressenti et énoncé en 1871 au moment de la découverte de la matériabilité et de la composition chimique de l'atmosphère coronale? L'atmosphère coronale est-elle entraînée par le globe solaire comme une atmosphère ordinaire? Enfin quel rôle les phénomènes électriques jouent-ils dans ces immenses manifestations lumineuses? Telles sont les principales questions que l'Astronomie physique a encore à résoudre ou à confirmer et qui donneront pendant longtemps encore un grand intérêt aux éclipses totales.

» En Europe les observations ont été favorisées sur toute la ligne de la totalité par un état du Ciel que les rapports s'accordent à considérer comme ayant été exceptionnellement favorable.

» L'Observatoire de Paris était très bien et très largement représenté en Espagne.

» L'observatoire de Meudon, bien que n'ayant pas reçu de ressources spéciales pour cet objet, a tenu à y envoyer un représentant : M. Deslandres. Il a pourvu à la dépense sur son budget ordinaire.

» M. le comte de La Baume Pluvinel, qui a observé avec succès plusieurs éclipses totales, aux îles du Salut, au Sénégal, à Candie, nous avait également demandé notre concours en cette circonstance. L'observatoire lui a prêté certains instruments et à ma demande M. le Ministre de l'Instruction publique a bien voulu lui donner l'attache officielle du ministère.

» Malgré mon âge, j'aurais vivement désiré me joindre à ces observateurs si distingués, mais ma santé, encore mal remise d'une longue maladie, ne me l'a pas permis.

» Voici maintenant deux Notes que je suis chargé de présenter à l'Académie : l'une de M. Landerer, savant bien connu de l'Académie et qui observait à Elche, près Alicante, et l'autre de M. le comte de La Baume Pluvinel, qui observait également à Elche.

» M. Landerer s'était proposé de mesurer la proportion de lumière polarisée que présente la couronne en se servant du polarimètre très précis qu'on doit à notre confrère M. Cornu. La proportion de lumière polarisée trouvée par M. Landerer est très forte, ainsi qu'on en jugera par sa Note insérée ci-après.

» M. le comte de La Baume s'était tracé un programme très complet :

» 1° Obtention des images de la couronne correspondante à des poses variées;

» 2° Le spectre de la couronne;

» 3° Les images monochromatiques de la chromosphère;

» 4° Une étude spéciale de la raie coronale principale;

» 5° Enfin des mesures actinométriques de la lumière coronale.

» Toutes ces observations ont été couronnées de succès. On en trouvera le compte rendu sommaire dans la Note que je présente en son nom.

» Je n'ai encore reçu aucun rapport de M. Deslandres.

» J'ai reçu de M. le directeur de l'observatoire de Madrid un télégramme où, parmi les nouvelles qu'il me donne très obligeamment, se trouve l'annonce que la réfrangibilité de raie verte qui est, comme on le sait, la principale de la couronne, a été mesurée et que les succès ont été grands dans presque toutes les stations de la Péninsule.

» D'Alger, M. Trépied, directeur de l'observatoire, me télégraphie que le temps y a été superbe et qu'on y a fait de nombreuses photographies de la couronne. Étaient à l'observatoire: MM. Stéphan, Janet, Turner d'Oxford, Newall de Cambridge, Wesley de Londres, Cohn de Strasbourg, Brenner de Manora, Archenhold de Treptow près Berlin, Ströyberg de Copenhague.

» Le temps fut également très beau à Ménerville, près d'Alger, où s'étaient rendus MM. Tacchini, Riccò, Gautier de Genève, Riggenbach et Wölfer de Zurich, etc.

» A l'égard des observations faites à Meudon, on sait qu'elles ont été très contrariées par l'état du Ciel.

» Nous avions préparé l'obtention d'images photographiques de l'éclipse avec la lunette qui nous sert journellement à faire les photographies du Soleil où le disque a $0^m,30$ de diamètre et qui ont été le point de départ des grandes photographies placées à l'Exposition.

» L'état du Ciel ne nous a permis d'obtenir que deux photographies du phénomène, dont une seule est mesurable.

» Nous avions encore préparé un grand spectroscope à réseau portant l'objectif de notre lunette de 9^p pour obtenir un spectre très détaillé de la lumière solaire rasant le bord de la Lune. L'état du Ciel a également empêché cette observation,

» Je viens de voir avec satisfaction que notre Confrère M. le Directeur de l'Observatoire de Paris a bien voulu présenter une Note dans laquelle Mlle Klumpke rend compte de l'ascension en ballon qu'elle a faite à l'occasion de l'éclipse.

» La navigation aérienne et la prise de possession par l'homme de notre atmosphère sera la grande conquête du xxe siècle.

» Parmi les services qu'elle rendra à la civilisation et aux sciences, une part importante sera certainement faite à l'Astronomie.

» Elle facilitera considérablement l'étude de certains phénomènes célestes, empêchée soit par la présence des nuages, soit par l'opacité relative des basses régions de l'atmosphère. Il est de clairvoyance scientifique de prévoir ce rôle et d'aider à sa réalisation. »

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'équilibre calorifique d'une surface fermée rayonnant au dehors*; par M. **Émile Picard**.

« 1. On sait combien la considération d'une surface fermée (pouvant posséder comme le tore un ou plusieurs trous) a été féconde dans la théorie des fonctions d'une variable complexe. Cette vue, indiquée d'abord par M. Klein, a permis de donner aux profonds travaux de M. Schwarz sur le principe de Dirichlet une forme d'une grande élégance, et c'est dans cet ordre d'idées que je me suis placé dans le Tome II de mon *Traité d'Analyse* (*voir* notamment p. 489). Dans cette théorie, l'équation de Beltrami joue un rôle essentiel; envisageons une surface fermée que, pour plus de simplicité, nous supposons régulièrement analytique. On peut, dans le voisinage de chaque point, développer les coordonnées en fonctions de deux paramètres u et v et soit le carré de l'élément d'arc donné par la formule

$$ds^2 = E\,du^2 + 2F\,du\,dv + G\,dv^2.$$

» L'équation de Beltrami, qui est pour la surface l'analogue de l'équation de Laplace et qui a une forme invariante par rapport à l'arc, s'écrit

$$(1)\qquad \frac{\partial}{\partial u}\left(\frac{G\dfrac{\partial V}{\partial u} - F\dfrac{\partial V}{\partial v}}{\sqrt{EG - F^2}}\right) + \frac{\partial}{\partial v}\left(\frac{-F\dfrac{\partial V}{\partial u} + E\dfrac{\partial V}{\partial v}}{\sqrt{EG - F^2}}\right) = 0.$$

» Pour le voisinage de chaque point de la surface on peut faire une représentation conforme sur un plan (x, y), de telle sorte que

$$E\,du^2 + 2F\,du\,dv + G\,dv^2 = \mu(dx^2 + dy^2),$$

μ étant une fonction positive et qu'on peut supposer toujours différente de

zéro. L'équation (1) devient alors l'équation de Laplace, et une singularité d'une fonction V sur la surface en un point pourra être définie par une singularité d'une fonction harmonique en un point d'un plan. Parmi ces singularités, une des plus simples est la singularité logarithmique, où la fonction harmonique devient infinie comme $A \log r$; à un tel point singulier sur le plan correspond sur la surface un point singulier d'une nature bien déterminée.

» Il est tout d'abord immédiat que l'équation (1) ne peut admettre d'intégrale uniforme et continue sur toute la surface, en dehors de $V = \text{const.}$ On doit donc, si l'on veut ne considérer que des fonctions V uniformes sur toute la surface, leur donner certaines singularités. Une singularité logarithmique ne peut être unique; il peut y avoir *deux* singularités de cette nature et les coefficients A correspondants doivent être égaux et de signe contraire. L'existence d'une solution V de l'équation de Beltrami (solution définie à une constante près) se déduit des travaux de M. Schwarz; on peut employer avec l'éminent géomètre un procédé d'exhaustion sous une forme qui nécessite un lemme assez délicat relatif aux fonctions harmoniques.

» Au point de vue physique, le problème que nous venons de rappeler est celui de l'équilibre calorifique d'une surface fermée, sans rayonnement et sur laquelle se trouvent *deux* sources de chaleur. La condition relative aux A revient à ce fait que les flux aux deux sources doivent être égaux et de signes contraires.

» 2. Tout ceci est bien connu, je l'ai rappelé seulement pour préciser les conditions du problème auquel j'arrive maintenant. Supposons qu'il puisse y avoir rayonnement vers le dehors que l'on suppose à la température zéro. Au lieu de l'équation de Beltrami, nous aurons alors, dans le cas de l'équilibre calorifique, l'équation suivante pour la température V,

$$(2)\qquad \frac{\partial}{\partial u}\left(\frac{G\frac{\partial V}{\partial u} - F\frac{\partial V}{\partial v}}{\sqrt{EG-F^2}}\right) + \frac{\partial}{\partial v}\left(\frac{-F\frac{\partial V}{\partial u} + E\frac{\partial V}{\partial v}}{\sqrt{EG-F^2}}\right) = k^2\sqrt{EG-F^2}\,V,$$

k^2 étant, pour prendre le cas le plus général, une fonction positive.

» Si l'on fait, dans le voisinage d'un point de la surface, la représentation conforme indiquée plus haut, l'équation devient

$$(2')\qquad \frac{\partial^2 V}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 V}{\partial y^2} = k^2\mu V,$$

et les propriétés aujourd'hui bien connues des intégrales d'une telle équation vont rendre facile l'étude des intégrales de l'équation (2) sur toute la surface.

» On peut se proposer d'étudier les intégrales de l'équation (2) uniformes sur toute la surface. On voit, de suite, qu'une telle intégrale ne peut être toujours continue, à moins qu'elle ne soit identiquement nulle; c'est ce qui résulte de ce fait qu'une intégrale de (2′), continue ainsi que ses dérivées partielles des deux premiers ordres, ne peut avoir ni maximum positif, ni minimum négatif. On doit donc se donner certaines singularités pour l'intégrale; nous allons considérer celles qui sont intéressantes au point de vue de la théorie de la chaleur qui nous guide ici.

» 3. Soit, dans le plan (x, y) l'origine qui sera un point singulier d'une intégrale de l'équation (2′). J'envisage d'abord l'équation

$$\frac{\partial^2 V}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 V}{\partial y^2} = k_0^2 \mu_0 V,$$

où k_0^2 et μ_0 représentent les valeurs de k^2 et μ à l'origine. Cette équation admet une intégrale de la forme

$$u = G_0(r) \log r + G_1(r) \qquad [G_0(0) = 1],$$

r désignant la distance du point (x, y) à l'origine, G_0 et G_1 étant des fonctions entières de r^2. Ceci posé, on peut former une intégrale V_0 de (2′) définie dans le voisinage de l'origine et de la forme

$$V_0 = u + v,$$

v étant continue ainsi que ses dérivées partielles des deux premiers ordres autour de l'origine et à l'origine. L'intégrale AV_0 (A étant une constante) peut nous servir à définir la façon dont une intégrale V devient infinie en un point de la surface; nous entendrons par là que la différence $V - AV_0$ reste continue ainsi que ses dérivées des deux premiers ordres au point singulier et dans une certaine région autour du point singulier.

» On voit qu'un tel point singulier peut être regardé comme correspondant à une *source* de chaleur; le flux sera égal à $2\pi A$.

» 4. La question qui se pose est alors la suivante : *établir l'existence de la solution de l'intégrale uniforme sur toute la surface de l'équation* (2) *ayant des points singuliers donnés de la nature indiquée avec des coefficients* A *également donnés*. Il n'y a ici aucune relation entre les coefficients A et la solu-

tion est unique. Ce problème est évidemment celui de l'équilibre calorifique de la surface fermée rayonnant au dehors, avec un certain nombre de sources situées sur elle et ayant des flux donnés.

» Si l'on se rappelle que les problèmes fondamentaux relatifs à l'équation de Laplace peuvent être résolus aussi pour l'équation

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} = cu \tag{3}$$

(c étant une fonction de x et y, positive ou nulle) en se servant de procédés alternés ou d'extensions analytiques, il paraît *a priori* certain que les méthodes employées par M. Schwarz pour résoudre le problème énoncé à la fin du § 1 pourront être encore ici employées. Il en est bien ainsi, et l'on peut même ajouter une remarque intéressante : c'est que, pour le genre de problèmes envisagés, l'étude de l'équation (2) pour k différent de zéro est *plus simple* que celle de l'équation (1) qui n'en est cependant qu'un cas particulier ($k = 0$). La raison en est que nous pouvons, pour l'équation (3), *quand c n'est pas identiquement nul,* faire usage d'un lemme qui n'a pas son équivalent pour l'équation de Laplace.

» Ce lemme peut être ainsi énoncé : *Étant considéré un contour simple* C, *envisageons l'intégrale continue u de l'équation* (3) *prenant sur le contour une succession de valeurs dont la valeur absolue est inférieure à* M; *pour tout point* Q *intérieur au contour, il existera un nombre fixe q inférieur à l'unité, tel que l'on aura*

$$|u| < \mathrm{M}q.$$

» Ce lemme est évidemment inexact, quand c est identiquement nul. C'est ce qui fait que M. Schwarz a été obligé de recourir à une autre proposition, où l'on doit considérer seulement des fonctions harmoniques *dont la valeur moyenne est nulle sur le bord.* Au point de vue de la convergence des méthodes d'exhaustion qui donnent la solution des problèmes posés, c'est encore ce qui fait qu'il y a pour l'équation de Beltrami une condition nécessaire entre les données A, tandis que nous n'avons rien d'analogue pour l'équation (2).

» 5. Après ces remarques, il sera facile d'établir l'existence de la solution cherchée, et il suffira évidemment de se borner au cas d'un seul point singulier.

» On considère d'abord le cas d'une surface *ouverte,* c'est-à-dire que

nous traçons sur la surface un petit contour et enlevons la partie intérieure. Soit Σ la portion restante. Il est alors facile d'établir l'existence d'une solution uniforme de l'équation (2), continue dans Σ et prenant sur le contour des valeurs données; c'est une conséquence de ce que le procédé alterné s'étend à l'équation (2') ou à l'équation (3).

» Ceci posé, traçons sur la surface autour du point singulier o deux contours Γ et C, et soit Γ intérieur à C. Appelons Σ la portion de la surface extérieure à Γ. On se donne sur C une succession arbitraire de valeurs, et l'on détermine l'intégrale u_1 de (2) prenant ces valeurs sur C, et continue dans C, sauf au point o qu'elle a comme point singulier avec la valeur correspondante donnée de A. Cette fonction u_1 a certaines valeurs sur Γ; on détermine alors l'intégrale v_1 prenant ces valeurs sur Γ et continues dans Σ. Avec les valeurs de v_1 sur C, l'on forme une fonction u_2 ayant ces valeurs sur C et possédant en o la singularité donnée. On continue ainsi indéfiniment, et l'on a deux successions de fonctions

$$u_1, \quad u_2, \quad \ldots, \quad u_n, \quad \ldots,$$
$$v_1, \quad v_2, \quad \ldots, \quad v_n, \quad \ldots,$$

satisfaisant toutes à l'équation (2). Les v sont continues dans Σ, et les u sont continues à l'intérieur de C, sauf au point o où elles ont toutes la singularité donnée. Avec les remarques faites plus haut, on établit aisément que u_n et v_n convergent uniformément vers deux intégrales u et v de l'équation (2), définies respectivement à l'intérieur de C et dans Σ. Ces fonctions coïncident entre C et Γ; *leur ensemble donne la solution du problème proposé sur la surface fermée.*

» 6. Je termine par l'examen d'un cas particulier, qui va nous conduire à une transcendante intéressante. On voit facilement que, *dans le cas d'un tore,* le problème proposé se ramène à la considération, dans le plan (x, y), de l'équation

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} = f(x, y)\, u,$$

$f(x, y)$ étant une fonction continue et positive, périodique séparément par rapport à x et par rapport à y. Il s'agit de trouver l'intégrale de cette équation ayant les mêmes périodes par rapport à x et par rapport à y, et ayant la singularité de nature indiquée en un point (α, β) et en ses homologues dans chacun des rectangles de périodes. Considérons particulière-

ment le cas où $f(x, y)$ serait constant, ce qui arrivera si le pouvoir émissif varie sur le tore suivant une loi convenable.

» On est ramené alors au problème d'Analyse suivant : Étant donnée l'équation

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} = u,$$

trouver l'intégrale de cette équation ayant la période a par rapport à x et la période b par rapport à y, et continue sauf au point (α, β) et ses homologues, où elle devient infinie comme

$$G_0(r)\log r + G_1(r), \qquad [G_0(0) = 1],$$

cette expression étant une intégrale de l'équation

$$r\frac{d^2 u}{dr^2} + \frac{du}{dr} - ur = 0,$$

devenant infinie pour $r = 0$.

» Formons la fonction

$$\Theta(z, x, y) = \sum_{m=-\infty}^{m=+\infty} \sum_{n=-\infty}^{n=+\infty} e^{z\sqrt{(x-\alpha-ma)^2+(y-\beta-nb)^2}}$$

qui est définie pour z négatif; l'expression

$$u(x, y) = -\int_{-\infty}^{-1} \frac{\Theta(z, x, y)\,dz}{\sqrt{z^2-1}}$$

donne la solution du problème. »

ASTRONOMIE. — *Observation de l'eclipse de Soleil du* 28 *mai* 1900 *à Marseille et à Alger*. Note de M. Stéphan.

« L'éclipse de Soleil du 28 mai dernier a été observée, à l'observatoire de Marseille, par un très beau temps; elle n'y était que partielle, mais très accusée, puisque plus des $\frac{8}{10}$ du diamètre du Soleil ont été recouverts par la Lune.

» Les observateurs étaient :

» MM. Esmiol, avec l'équatorial d'Eichens, dont l'objectif a $0^m,255$ d'ouverture et 3^m de distance focale; Borrelly, avec le chercheur parallactique, dont l'objectif

a $0^m,182$ d'ouverture et 2^m de distance focale; Coggia, avec un petit équatorial Secrétan, dont l'objectif a $0^m,092$ d'ouverture et $1^m,30$ de distance focale; Lubrano, avec une lunette Dollond, à monture azimutale, et dont la distance focale est de 1^m environ. Les deux premiers de ces instruments étaient légèrement diaphragmés.

» On a observé les instants des contacts et ceux des occultations, par le bord lunaire, de la plupart des taches, assez nombreuses, qui étaient visibles sur le disque du Soleil, et il est superflu d'indiquer que les temps observés se sont trouvés d'accord avec les prévisions de la *Connaissance des Temps*.

» La température, observée directement toutes les dix minutes et enregistrée par un instrument de Richard, a continué de s'élever pendant vingt minutes après le premier contact, puis a décru jusqu'à seize minutes après le milieu de l'éclipse; elle s'est ensuite relevée jusqu'à la fin du phénomène en atteignant un maximum de 24°,6, après quoi elle a repris sa marche descendante normale.

» L'abaissement total de la température entre le commencement et le milieu a été de 3°,1.

» La déclinaison magnétique a été également relevée de dix en dix minutes. Partant du maximum de 12°.54',8, vers le moment du premier contact, elle a diminué normalement, d'une façon constante, jusque vers le milieu du phénomène, est alors remontée de quelques dixièmes, puis a repris la marche décroissante, habituelle à cette heure de la journée.

» En ce qui me concerne personnellement, je suis allé observer l'éclipse à Alger, où elle était totale, avec un équatorial provenant de l'ancien observatoire de Marseille et dont l'excellente lunette, de Cauche, a 92^{mm} d'ouverture et $1^m,35$ de distance focale.

» De même qu'un grand nombre d'astronomes étrangers, j'ai pu m'installer, dans les meilleures conditions, au bel observatoire de *La Bouzaréah* que M. Trépied a fondé et qu'il dirige avec tant de distinction. Je suis heureux de le remercier ici de sa cordiale hospitalité.

» Là aussi le ciel a été d'une pureté remarquable, grâce à laquelle j'ai eu la bonne fortune de revoir avec une grande netteté ce magique spectacle de la couronne et des protubérances solaires, que j'avais déjà observé, en 1868, sur la côte orientale de la presqu'île de Malacca, en compagnie de MM. Rayet et Tisserand.

» Un exposé plus complet des observations que je viens de mentionner fera l'objet d'une Note dans le *Bulletin astronomique de l'Observatoire de Paris*. »

ASTRONOMIE. — *Observation de l'éclipse partielle de Soleil du 28 mai 1900 à l'observatoire de Bordeaux.* Note de M. G. RAYET.

« L'éclipse partielle du 28 mai s'est produite à Bordeaux (observatoire) dans un ciel légèrement nébuleux où se sont peu à peu formés de faibles cirrus ayant probablement pour cause le refroidissement dans le cône de pénombre.

» Les contacts ont été observés à une époque très voisine de celle donnée dans la *Connaissance des Temps* et avec la précision relative que l'on retrouve dans des observations de cette espèce.

	Temps moyen de Paris.	Observateurs.
	h m s	
Premier contact........ ...	3. 1.17,6	Doublet.
Deuxième contact........	5.18.54,0	Doublet.
»	5.19. 4,5	G. Rayet.
»	5.19. 8,0	Esclangon.

» Avec les progrès du phénomène, le ciel et les objets ont, peu à peu, pris une teinte grise, légèrement livide, sorte d'atténuation de la coloration caractéristique des éclipses totales. En même temps, comme l'étendue de la surface apparente du Soleil diminuait (elle a été réduite à 0,17 à l'instant du maximum) la quantité de lumière diffusée par l'atmosphère s'est trouvée réduite et les ombres ont acquis une netteté comparable à celle des ombres données par la Lune.

» L'éclipse a été accompagnée d'un refroidissement sensible ainsi que le montrent les températures suivantes, relevées sous l'abri météorologique classique :

Temps moyen de Paris.	Température.	État hygrométrique.	
h m	o		
3. 0	24,6	34	
3.15	24,0	33	
3.30	23,6	33	
3.45	23,2	31	
4. 0	22,1	36	
4.15	21,8	31	Maximum de l'éclipse.
4.30	21,7	31	
4.45	22,3	33	
5. 0	22,7	34	
5.15	22,7	31	
5.30	22,7	31	

» La chute thermométrique de $3^h 0^m$ à $4^h 15$ est plus grande que celle qui convient à la variation diurne ordinaire, et à partir de $4^h 30^m$ la température s'est sensiblement relevée.

» La variation de l'intensité de la lumière diffuse a suivi une marche analogue à celle du thermomètre. Pour la constater, mes aides avaient découpé des bandes égales dans une même feuille de papier photographique sensible et, chacune d'elles ayant été exposée pendant le même nombre de minutes, l'intensité de leur coloration donne une mesure de l'intensité de la lumière photographique; cette intensité a diminué d'une manière constante de $3^h 12^m$ à $4^h 12^m$; elle a remonté ensuite jusqu'à la fin de l'éclipse et a baissé de nouveau avec la chute du Soleil vers l'horizon. L'observation a dû être poursuivie jusqu'à $7^h 25^m$ pour retrouver une quantité de lumière aussi atténuée que celle de la grande phase de l'éclipse. Ce dernier résultat donne une sorte d'indication sur le degré d'affaiblissement de la lumière au moment du maximum du phénomène. »

ASTRONOMIE. — *Observations de la planète (FG) (Wolf-Schwassmann, 22 mai), faites, au grand équatorial de l'observatoire de Bordeaux, par MM.* G. Rayet *et* Féraud. Note de M. **G. Rayet**.

PLANÈTE (*FG*).

Dates. 1900.	Étoiles.	Temps sidéral de Bordeaux.	Δα planète.	Δ℘ planète.	Observateurs.
Mai 25........	1	h m s 14.53.30,27	m s +1.56,70	— 1'.15",88	Féraud
26........	2	14.23. 9,85	+5.40,11	— 4.21,93	G. Rayet
27........	3	14.50.55,86	+4.36,27	— 3.29,30	G. Rayet
28........	4	14.23.45,52	+3.34,56	— 2.35,51	G. Rayet
29........	5	14.29.18,14	+2.32,80	— 1.38,11	G. Rayet
30........	6	14.20.16,07	+1.31,64	— 0.36,99	G. Rayet

Positions moyennes des étoiles de comparaison pour 1900,0.

Étoiles.	Catalogue et autorité.	Ascension droite moyenne.	Réduction au jour.	Distance polaire moyenne.	Réduction au jour.
1...	S.D.-13°, n° 4239, rapportée à l'étoile 2...	h m s 15.39.54,82	s +3,74	103°.27'.56",06	" + 9,85
2...	½[Weisse₁ H. XV, 614. — Munich₁ 11611].	15.35.10,08	+3,74	103.31.47,00	+10,67
3...	½[Weisse₁ H. XV, 614. — Munich₁ 11611].	15.35.10,08	+3,75	103.31.47,00	+10,18
4...	½[Weisse₁ H. XV, 614. — Munich₁ 11611].	15.35.10,08	+3,76	103.31.47,00	+10,15
5...	½[Weisse₁ H. XV, 614. — Munich₁ 11611].	15.35.10,08	+3,76	103.31.47,00	+10,13
6...	½[Weisse₁ H. XV, 614. — Munich₁ 11611].	15.35.10,08	+3,77	103.31.47,00	+10,10

Positions apparentes de la planète (FG).

Dates. 1900.	Temps moyen de Bordeaux.	Ascension droite apparente.	Log. fact. parallaxe.	Distance polaire apparente.	Log. fact. parallaxe.
	h m s	h m s		° ′ ″	
Mai 25.......	10.42.17,23	15.41.55,26	$-\bar{2},934$	103.26.50,0	−0,868
26.......	10. 6. 5,87	15.40.53,93	$-\bar{1},161$	103.27.35,7	−0,866
27.......	10.30.51,43	15.39.50,10	$-\bar{2},919$	103.28.27,9	−0,868
28.......	10. 9.47,99	15.38.48,40	$-\bar{1},055$	103.29.21,6	−0,867
29.......	10. 1.25,42	15.37.46,64	$-\bar{1},086$	103.30.19,0	−0,866
30.......	9.48.28,91	15.36.45,49	$-\bar{1},143$	103.31.20,1	−0,866

La planète est de onzième grandeur.

BALISTIQUE. — *Sur le tracé des rayures dans les bouches à feu.* Note de M. VALLIER.

« Les conclusions de la première Note sur cette question, que j'ai communiquée à l'Académie dans la séance du 23 avril dernier, ne peuvent être acceptées que sous réserves en ce qui concerne la première période du mouvement. On sait, en effet, que la mise en marche du mobile ne se fait pas sous l'action d'une pression infiniment petite, comme le supposent les formules théoriques, mais bien sous celle d'une pression très notable à laquelle s'est élevée la puissance des gaz de la poudre pendant la durée nécessaire à vaincre les inerties et surtout à produire le cisaillement des ceintures. Nous étudierons ultérieurement en détail ce dernier point. Pour le moment, après avoir ainsi réservé la question de la première période, nous allons reprendre l'étude du tracé le plus rationnel de la rayure, que nous désignerons dans la suite de cette Note sous la rubrique : *Rayure de moindre fatigue*. Le but que l'on se propose, en effet, est de communiquer au mobile une énergie de rotation déterminée avec le moins de fatigue possible pour les organes (cloisons et ceintures) et d'emprunt à l'énergie totale développée par l'explosif.

» Ce problème de moindre fatigue des organes serait évidemment résolu en faisant travailler le système sous un effort constant; mais, pour les motifs rappelés dans les lignes précédentes, on ne peut chercher à étudier la réalisation de ces conditions qu'à partir de l'instant où le maximum de pression est obtenu. Du reste, en admettant même la légitimité des formules à partir de l'origine du mouvement, l'examen de la courbe des pres-

sions et, au besoin, une discussion algébrique élémentaire démontreraient qu'il y aurait impossibilité à réaliser la constance de l'effort pendant la première période. Par suite, la directrice de moindre fatigue ne pourra être déterminée que pour la région comptée à partir du point de pression maximum.

» Les équations générales du mouvement du projectile dans l'âme, en conservant les notations déjà employées, et appelant f le coefficient de frottement des ceintures sur les cloisons, s'écrivent aisément

$$m\frac{d^2u}{dt^2} = \text{P} - \text{R}(\sin\eta + f\cos\eta),$$
$$m\mu r^2\frac{d^2\varphi}{dt^2} = r\text{R}(\cos\eta - f\sin\eta),$$

où φ représente l'angle dont a tourné le projectile, angle relié à l'angle η de la directrice développée par la relation

$$r\frac{d\varphi}{dt} = u'\,\text{tang}\,\eta = \frac{dy}{dt},$$

y étant l'ordonnée de la développée correspondant à l'abscisse u.

» Dans la pratique, la faible valeur de l'angle η permet de prendre, en première approximation, les équations sous la forme

$$m\frac{d^2u}{dt^2} = \text{P},$$
$$(1) \qquad m\mu r^2\frac{d^2\varphi}{dt^2} = \text{R}^2.$$

» Admettons maintenant que R soit constant dans les limites que nous allons adopter (depuis la pression maximum jusqu'à la fin du parcours), P étant, au contraire, l'effort variable défini par nos formules. Si l'on intègre successivement l'équation (1) entre les limites θ et t, où $t > \theta$, on écrira, se rappelant que l'indice zéro affecte les éléments du point de pression maximum,

$$(2) \qquad m\mu u'\,\text{tang}\,\eta = m\mu u'_0\,\text{tang}\,\eta_0 + \text{R}(t-\theta),$$
$$(3) \qquad m\mu(y-y_0) = m\mu u'_0\,\text{tang}\,\eta_0(t-\theta) + \tfrac{1}{2}\text{R}(t-\theta)^2.$$

» Dans l'équation (2) on connaît les valeurs de u' et de $\text{tang}\,\eta$ à la fin du parcours, et l'on peut ainsi définir R par la relation

$$\text{R} = m\mu(\text{U}'\,\text{tang}\,\mathring{\text{H}} - u'_0\,\text{tang}\,\eta_0) : \text{T} - \theta.$$

» Tout est connu dans cette expression, en vertu des formules déjà indiquées, à l'exception de l'angle η_0.

» Pour se donner cet angle η_0, il convient de savoir de quelle manière sera tracée la courbe de raccordement entre l'origine et le point u_0, y_0. Mais, quelle que soit cette courbe, on en déterminera les éléments par la condition qu'elle soit tangente à la directrice principale et que la pression au point $u_0 y_0$ soit la même sur les deux courbes. On démontre aisément que cette dernière condition exige que les deux courbes soient osculatrices au point considéré.

» *Raccordement rectiligne*. — Si l'on raccorde la courbe à l'origine par une ligne droite, les deux équations de condition seront

$$y_0 = u_0 \operatorname{tang} \eta_0$$

et

$$m\mu\omega P_0 \operatorname{tang} \eta_0 = m\mu(U' \operatorname{tang} \mathring{H} - u'_0 \operatorname{tang} \eta_0) : T - \theta,$$

d'où

$$\operatorname{tang} \eta_0 = mU' \operatorname{tang} \mathring{H} : \omega P_0 (T - \theta) + mu'_0,$$

et comme d'autre part on a, d'après les équations du mouvement rectiligne,

$$mU' = e\omega P_0 \theta V(Z) = mu'_0 V(\alpha) \qquad \text{et} \qquad mu'_0 = \omega P_0 \theta (e - 2),$$

la valeur de $\operatorname{tang} \eta_0$ s'écrit, toutes réductions faites,

$$(4) \qquad \operatorname{tang} \eta_0 = \frac{e - 2}{Z + e - 3} \operatorname{tang} \mathring{H} : V(\alpha),$$

e étant comme d'ordinaire la base des logarithmes népériens.

» *Raccordement parabolique*. — Une deuxième solution simple consiste à raccorder par une parabole du deuxième degré tangente en l'origine à la direction du mouvement de translation. L'équation de cette courbe est alors

$$y = \frac{\operatorname{tang} \eta_0}{2 u_0} u^2,$$

et l'équation de condition s'écrit

$$\omega P_0 \operatorname{tang} \eta_0 + mu'^2_0 \frac{\operatorname{tang} \eta_0}{u_0} = m \frac{U' \operatorname{tang} \mathring{H} - u'_0 \operatorname{tang} \eta_0}{T - \theta},$$

qui, par les mêmes substitutions et réductions que plus haut, se réduit à

$$(5) \qquad \operatorname{tang} \eta_0 = \frac{\operatorname{tang} \mathring{H}}{V(\alpha)} : 1 + \frac{e^2 - 5e + 7}{(3 - e)(e - 2)} (Z - 1)$$

ou

$$(5\ bis)\qquad \tang\eta_0 = \frac{\tang\mathring{H}}{V(\alpha)} : 1 + \frac{798}{202}(Z-1) = \frac{\tang\mathring{H}}{V(\alpha)} : 4Z-3,$$

en arrondissant les termes numériques du dénominateur.

» Si la parabole de raccordement n'a pas son sommet à l'origine, on trouve facilement qu'elle donnera pour η_0 des valeurs intermédiaires entre celles fournies par les équations (4) et (5) ou (5 *bis*).

» D'autre part, il est facile de constater que l'angle η_0 donné par (4) est supérieur à celui donné par (5) ou (5 *bis*); par suite, le tracé à raccordement rectiligne est celui qui entraîne pour R la moindre valeur, c'est-à-dire qui fatigue le moins la volée.

» En outre, il a sur le tracé complètement rectiligne l'avantage de réduire l'effort maximum dans le rapport de $\tang\eta_0$ à $\tang\mathring{H}$. Ainsi, pour des valeurs de α égales à 1,5, 2,0 et 2,5, ce qui comprend tous les cas actuels, l'effort est ramené à 0,78, 0,64 et 0,54 de sa valeur primitive.

» C'est pour ce double motif que nous croyons devoir désigner ce tracé sous le nom de *tracé de moindre fatigue*.

» *Trace de la courbe de moindre fatigue.* — La tangente initiale étant déterminée par les équations (4) ou (5), l'ordonnée y_0 s'en déduit par l'une des formules

$$y_0 = u_0 \tang\eta_0 \qquad \text{ou} \qquad y_0 = \tfrac{1}{2} u_0 \tang\eta_0,$$

suivant que l'on adopte le raccordement rectiligne ou parabolique. Dès lors, il n'y a plus qu'à construire la courbe par points, à l'aide de l'équation (3) et de celles qui donnent u en fonction du temps.

» Dans le cas de raccordement rectiligne, on peut écrire l'équation (3) sous la forme

$$(6)\qquad y = y_0\left[1 + \frac{(z-1)(z+0,44)}{0,564}\right],$$

et l'on peut dresser le Tableau suivant, qui embrasse, et au delà, tous les cas :

z..........	1	2	3	4	5	6
$\frac{u}{u_0}$.......	1	5,22	12,05	20,36	29,40	38,80
$\frac{y}{y_0}$.......	1	5,32	13,20	24,62	39,59	58,11

» On connaît de plus la tangente extrême $\tang\mathring{H}$ et l'on calcule l'or-

donnée Y à l'aide de (6). Le tracé est donc parfaitement défini. On peut même trouver en chaque point les tangentes à l'aide de $y' = \frac{y_0}{u'}\left(\frac{z}{0,564} - 1\right)$. Mais on se contentera pratiquement de substituer à la courbe la parabole définie par les deux points extrêmes et les tangentes en ces points.

» Quant au tracé par raccordement parabolique, il s'exécuterait de manière analogue, mais il ne nous a pas semblé utile de le détailler, puisqu'il ne correspond pas à la courbe de moindre fatigue. »

GÉOLOGIE. — *Sur la formation des couches de houille.* Note de M. **Grand'Eury.**

» Cette question de la formation de la houille est une de celles qui continuent à diviser le plus les géologues.

» Après que Link, Sternberg, etc., eurent mis en avant l'idée que la houille est une formation de transport, Élie de Beaumont, Ad. Brongniart, Lindley, Göppert, Goldenberg, Stur, etc., soutinrent la formation sur place et la maintinrent en honneur pendant plus de cinquante ans. Après avoir eu montré, en 1882, que la houille est stratifiée comme les roches de sédiments, les deux théories ont été simultanément défendues : la *drift theory* ou formation allochtone ou de transport, par MM. Fayol, Firket, Schmitt, Galloway, etc.; et la *peat-bog theory* ou formation autochtone ou sur place, par Lesquereux, Dawson, Newberry, Briart, MM. Gümbel, Potonié, etc. Le plus grand écart d'opinion qui se soit produit à ce sujet se trouve entre le système de formation subaérienne de Dawson et le système de formation en eaux profondes, à la suite de deltas lacustres, de M. Fayol.

» Cependant MM. Gümbel, Seward, Geikie, etc., admettant le concours des deux procédés pour des bassins différents et pour des couches différentes, M. Gümbel avec la prédominance du tourbage, MM. Ochsenius, Jukes, Seward avec la prédominance du transport, ont contribué à rapprocher les deux théories que j'espère concilier, en démontrant, sous le bénéfice de mes précédentes Communications, que les deux moyens ont été mis en œuvre pour la formation des mêmes couches de houille.

» En examinant de nouveau avec attention la plupart des couches de houille du bassin de la Loire, je n'ai pas été peu surpris d'y constater, pour les partisans de la formation sur place, dans le mur, les nerfs et le toit, très souvent la présence de racines en place. Au-dessus des nerfs, en rapport avec ces racines, on trouve des tiges couchées, des rhizomes de Calamites, etc., faisant corps avec le charbon superposé. A Saint-Chamond, les souches de Cordaïtes enracinées dans les nerfs de la houille, sont complétées par des racines rampantes et entrelacées faisant partie d'un char-

bon formé des autres parties détachées des mêmes plantes qui, bien que couchées, gisent presque sur place. D'ailleurs, certains sols de végétation sont recouverts d'un peu de houille provenant de la chute des tiges, feuilles et détritus de décomposition des mêmes plantes sur leurs racines et rhizomes rampants. Il n'y a donc pas de doute qu'il ne se soit formé de la houille sur place ou presque sur place, des débris de la végétation paludéenne que nous avons vu s'être établie dans les bassins de dépôt pendant leur remplissage.

» D'autre part, les Stigmaria réputés par Göppert plantes génératrices de la houille, y sont répandus dans le Westphalien; ils abondent dans la partie inférieure de la grande couche de Dombrowa (Pologne russe), où ils m'ont bien paru avoir formé une partie notable du charbon. Ils constituent également, dans la houille stratifiée de Rive-de-Gier, des éléments nombreux de formation autochtone.

» Mais ces fossiles, tout mystérieux qu'ils restent sous certains rapports, sont maintenant assez bien connus comme représentant des plantes aquatiques dans toute l'acception du mot et, par suite, leur présence dans le charbon, en prouvant que celui-ci s'est accumulé sous une eau plus ou moins profonde, est, toutes choses égales d'ailleurs, plus avantageuse que contraire à la formation de transport de la partie principale de la houille.

» Du moins, à Saint-Étienne, dans les couches de houille, entre les nerfs pénétrés de racines, je ne suis parvenu à discerner, dans le charbon même, aucune racine en place. Lorsqu'on suit les racines descendant du toit ou des nerfs dans la houille, on les voit invariablement se recourber et s'étaler à sa surface sans y pénétrer. Cependant toutes les houilles renferment beaucoup de racines comme les tourbes; celle de la Bouble est formée, en grande partie, de Psaronius; mais les racines de la houille, toutes adventives, sont incomplètes et couchées parmi les autres débris de plantes transportées et stratifiées de ce combustible.

» Plus on examine de près celui-ci, plus on se convainc qu'elle est stratifiée par des écorces et feuilles déterminables posées à plat, comme dans les schistes. L'humus y domine, au dire de M. Potonié, comme dans les tourbes anciennes; mais cette matière fondamentale de la houille formant ses sillons ternes et amorphes est elle-même stratifiée par le classement des parties notamment du fusain, par des filets d'argile inclus; et je suis d'autant plus convaincu que la masse principale de la houille a été transportée dans le bassin de dépôts que beaucoup de couches ou portions de couches ne sont accompagnées d'aucunes racines en place.

» Pendant la formation de la houille, le bassin de dépôts était à l'état de lac marécageux, comme l'ont démontré MM. B. Renault et E. Bertrand, par leurs recherches micrographiques de la matière fondamentale de la houille. Cela résulte non moins de ce fait que les couches de houille ont généralement pour mur une argile schisteuse pénétrée de racines, ressemblant de tout point au sol de fond des tourbières et des marais.

» Or, la houille de transport est identique, on peut le vérifier à Saint-Étienne, à celle formée sur place par les forêts fossiles. Elle a donc été empruntée à des forêts également marécageuses, extralacustres, et non à des forêts de terres sèches. C'est seulement, en effet, dans des conditions comportant un excès d'humidité continuellement entretenue dans les eaux stagnantes de marais, qu'ont pu se conserver les matières végétales; celles-ci, sur terre sèche, auraient vite disparu dans le climat dissolvant de l'époque houillère, ou n'auraient produit qu'un terreau non susceptible de former de la houille, et dont seulement quelques veines de charbon terreux, dit *moure* ou *terroule*, ont pu tirer leur origine.

» Restitution faite de l'ancien état de choses, ne voit-on pas qu'il offre quelque analogie avec certains marais lacustres d'Europe et d'Amérique, au milieu desquels vont actuellement se déposer sous l'eau les produits tourbeux engendrés sur les bords?

» Quoi qu'il en soit, chaque lit de charbon résulte d'un apport d'alluvions végétales provenant de marais houillers environnants, dans le bassin de dépôt, au fond duquel elles se répandaient avec une continuité qu'expliquerait difficilement leur faible pesanteur spécifique, si la structure de la houille ne trahissait leur précipitation lente, sous la forme de matières flottantes tenues en suspension dans des eaux tranquilles.

» Il s'ensuivait, comme je l'ai démontré ailleurs, que la houille se tassait en se déposant. C'est pour cela sans doute que les racines des nerfs ne s'y sont pas enfoncées pour ne pas dépérir dans ce milieu tout au moins peu perméable. Je ne m'expliquerais pas autrement pourquoi, dans les mêmes circonstances, il y a si peu de houille tout entière formée sur place, si cela n'était plutôt dû à ce que les plantes poussaient mal à l'aise dans le bassin de dépôts. Car ce n'était vraisemblablement qu'en dehors de ce bassin, dans des marais permanents, qu'elles pouvaient croître sur leur résidu tourbeux comme les *Arundo* qui forment la base de la tourbe des pays chauds de la Floride. Mais de ces accumulations de matières végétales sur place, ce qui n'a pas été transporté dans le bassin de dépôts, n'ayant pas été recouvert de limon, a disparu : il n'en est resté, en général, que

la houille stratifiée dans le bassin. On verra qu'il en est de même des combustibles récents.

» Pendant la formation d'une couche de houille, le dépôt de charbon a été interrompu autant de fois que l'indique le nombre de bancs et de mises dont elle se compose et est accompagnée; entre les bancs de charbon sont souvent intercalés des schistes, ceux-ci alternent avec la houille et lui sont parfois mélangés.

» Ces roches interstratifiées sont inséparables des couches de houille comme présentant avec elles les caractères d'une formation commune. Les boues et sables dont elles se composent étant restés, pendant le dépôt du charbon, longtemps en attente en arrière et au contact des marais, sont en effet imprégnés de l'humus et encombrés des fossiles de la houille; ils ont de plus éprouvé des élaborations d'où sont résultées la transformation de tout le fer en sidérose, et, dans les grands horizons charbonneux du Plateau Central, des décompositions diverses suivies de nouvelles combinaisons chimiques.

» Aussi existe-t-il des rapports de gisement entre les couches de houille et leurs roches encaissantes surtout celles du toit, si bien que, moins sont marqués les caractères de formation ci-dessus, moins ces roches diffèrent des autres et plus elles sont de formation profonde, moins il y a de charbon.

» C'est ainsi que le puissant étage stérile, d'une épaisseur de 800^m, compris entre les couches de Bességes et celles de Gagnières, que celui analogue qui, à Langeac (Haute-Loire), sépare les couches de la Vorède de celles de Marsanges, que les schistes fossiles en général de formation profonde, peu fossilifères et privés de racines le sont aussi de houille. La même différence qui distingue ces schistes improductifs des étages houillers productifs, se remarque aussi entre la partie sud stérile et la partie nord charbonneuse du Culm de l'Oural central que j'ai eu à explorer.

» Les assises de poudingues déposés sous l'action de courants d'eau violents, et par cela même peu profonds, sont moins dépourvues de houille que les roches fines déposées au fond des lacs, dans des conditions où il ne se forme plus de dépôts charbonneux, et où, du reste, les matières végétales qui ont formé la houille ne se seraient pas conservées. »

MÉMOIRES PRÉSENTÉS.

M. A. **Mouchot** soumet au jugement de l'Académie un Mémoire intitulé : « Étude de la sphère complète de rayon quelconque. Extension de la trigonométrie sphérique aux figures imaginaires. Démonstration d'une formule non euclidienne ».

(Commissaires : MM. Poincaré, Appell.)

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire Perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Le tome II de l'Ouvrage de M. *Ed. Suess*, intitulé « La face de la Terre », traduit et annoté sous la direction de M. *Emm. de Margerie*. (Présenté par M. de Lapparent.)

2° Un livret-guide des excursions en France du VIIIe Congrès géologique international. (Présenté par M. Gaudry.)

3° Le tome XI des « Annales de l'École nationale d'Agriculture de Montpellier ». (Présenté par M. Dehérain.)

ASTRONOMIE. — *Éclipse totale de Soleil du* 28 *mai* 1900 *observée à Hellin* (*Espagne*). Note de M. **Hamy**, présentée par M. Faye.

« J'ai l'honneur de rendre succinctement compte de la mission qui m'a été confiée par le Bureau des Longitudes concernant l'éclipse de Soleil du 28 mai 1900.

» L'observation du phénomène a été favorisée par le beau temps. Les appareils étaient prêts à fonctionner le 27 au soir et, après plusieurs répétitions, chacun possédant son rôle, aucune fausse manœuvre n'était à redouter pour le lendemain.

» L'emploi de deux phonographes, l'un pour indiquer les opérations à exécuter pendant les courts instants de la totalité, l'autre pour enregistrer les heures des contacts, a rendu les plus grands services. Grâce à ces instruments et aux dispositions prises, M. Lagarde et moi avons suffi à faire fonctionner trois spectroscopes photographiques et trois appareils photographiques; de plus les quatre contacts et la région du spectre de la couronne avoisinant la raie verte λ 530 ont été observés à l'œil.

» Je tiens à signaler les services importants rendus par M. Lagarde, en cette occasion. En outre, des observations méridiennes et de l'observation des contacts qui lui reviennent à titre de travail personnel, il a, durant la totalité, exécuté des manœuvres complexes d'appareils délicats et, en toute circonstance, il m'a prêté un concours éclairé et dévoué.

» Sept photographies de la couronne ont été prises, dont plusieurs très étendues. Sa forme est caractéristique des périodes de minima d'activité solaire.

» Les spectroscopes photographiques ont fourni les images de plusieurs raies dont la position sera relevée plus tard. La raie verte caractéristique de la couronne, bien que tombant dans une région sensible des plaques orthochromatiques employées, n'a pas donné trace d'impression. Cette raie n'a pas été aperçue non plus dans le spectroscope organisé pour l'examen oculaire, qui a fourni un spectre continu, dans la région avoisinant la longueur d'onde λ 530. L'absence de la raie verte n'a pas permis d'utiliser mon grand appareil interférentiel, adjoint à ce spectroscope, appareil destiné à étudier la constitution physique de la raie demeurée invisible.

» Absorbé par les observations, je n'ai pas eu le temps de jeter un coup d'œil sur l'éclipse. Le phénomène a produit un grand enthousiasme chez les nombreuses personnes massées à 100^m de l'observatoire et maintenues par des gardes. Au commencement de la totalité, la foule a poussé des cris d'admiration, puis est devenue silencieuse; à la fin, des applaudissements ont salué l'apparition des premiers rayons solaires. »

ASTRONOMIE. — *Sur l'éclipse totale de Soleil du 28 mai 1900. Observations faites à l'observatoire d'Alger.* Note de M. **Ch. Trépied**, présentée par M. Lœwy.

« L'éclipse totale du 28 mai a été observée à Alger dans un ciel d'une pureté admirable. La présente Note préliminaire a pour but d'indiquer sommairement les opérations effectuées dans cette occasion par mes collaborateurs et moi à l'observatoire. Mais, avant d'exposer les résultats de nos propres travaux, je demande à l'Académie la permission de lui communiquer les noms des savants étrangers ou français qui nous ont fait l'honneur de venir à côté de nous, dans notre observatoire, étudier le phénomène, chacun avec son programme et ses moyens particuliers.

» M. le Professeur Turner, directeur de l'observatoire de l'Université d'Oxford; M. le Professeur Newall, de l'Université de Cambridge, et Mme Newall arrivèrent à Alger le 15 mai. Leur installation, commencée dès le 16, fut terminée quelques jours avant l'éclipse. A ce moment ils furent rejoints par M. Wesley, Secrétaire de la Société

royale astronomique de Londres, auquel, en raison de sa très grande et toute particulière compétence dans les questions concernant l'étude de la couronne, j'ai été heureux de pouvoir confier notre équatorial coudé de $0^m,318$ pendant la durée de la totalité.

» A ce premier groupe d'astronomes sont venus se joindre successivement :

» M. Stéphan, directeur de l'observatoire de Marseille;
» M. Ströyberg, de l'observatoire de Copenhague;
» M. Cohn, de l'observatoire de Strasbourg;
» M. Archenhold, directeur de l'observatoire de Treptow-Berlin;
» M. Léo Brenner, directeur de l'observatoire Manora, à Lussinpiccolo (Autriche);
» Enfin, M. L. Janet, ingénieur au Corps des Mines à Paris, présent à l'observatoire le jour de l'éclipse, a bien voulu se charger de l'observation des deux contacts intérieurs à ma lunette pendant que d'autres devoirs me retenaient à l'équatorial photographique.

» Nous avons eu la satisfaction de voir les relations les plus cordiales établies dès le début et jusqu'à la fin maintenues entre les astronomes des différents pays, et notre joie a été grande de pouvoir applaudir au succès de tous nos Collègues.

» Nous aurions été heureux également de réserver une place auprès de nous à MM. Tacchini, Riccò, Gautier, Riggenbach et Wölfer; mais, dans le désir bien naturel de diviser les risques, ces savants avaient jugé plus prudent de s'établir en un autre point, Ménerville, station un peu plus rapprochée que la nôtre de la ligne centrale de l'éclipse, et dans laquelle, ainsi qu'ils ont bien voulu nous le faire savoir, ils ont obtenu, eux aussi, un succès complet.

» Le programme que j'avais préparé comprenait :

» 1° Les observations des quatre contacts;

» 2° L'étude visuelle de la couronne;

» 3° La photographie de l'éclipse partielle;

» 4° La photographie de la couronne;

» 5° La photographie du spectre des lignes brillantes de la chromosphère dans la région qui s'étend de G à h;

» 6° La photographie du spectre de la couronne si toutefois la faible durée de l'éclipse totale pouvait permettre d'obtenir un résultat;

» 7° Observations thermo-actinométriques.

» *Observation des contacts.* — Je me borne à donner ici les heures obtenues par les divers observateurs, en réservant pour une Communi-

cation ultérieure les détails relatifs aux conditions instrumentales dans lesquelles ces observations ont été faites :

	Contacts.			
Observateurs.	I.	II.	III.	IV.
Trépied	$3^h.14^m.34^s$	»	»	$5^h.31^m.44^s$
Janet.......	»	$4^h.26^m.40^s$	$4^h.27^m.44^s$	»
Rambaud...	$3^h.14^m.34^s$	»	»	$5^h.31^m.36^s$
Sy.........	$3^h.14^m.30^s$	$4^h.26^m.39^s$	$4^h.27^m.44^s$	$5^h.31^m.37^s$

» Les heures sont données en temps moyen de Paris. La durée observée de la totalité a donc été environ de soixante-quatre secondes, alors que la durée calculée pour l'observatoire d'Alger était de soixante-sept secondes.

» Je m'étais proposé de rechercher si la Lune pouvait être aperçue avant le premier contact et après le dernier, sur l'atmosphère coronale; mais je n'ai réussi à découvrir aucune trace du disque de la Lune dans ces conditions. J'ai eu seulement, comme je l'avais eue, dans l'éclipse de 1882 observée en Égypte, l'impression de voir le contour de la Lune se prolonger à une distance d'une minute environ au delà du bord du Soleil, pendant la durée de l'éclipse partielle; mais il est très difficile de décider si une telle impression correspond à une réalité ou si elle n'est qu'une apparence illusoire. Il reste à examiner si l'étude des photographies de l'éclipse partielle permettra d'obtenir, à cet égard, quelque résultat positif.

» *Photographie de l'éclipse partielle et de la couronne.* — Le nombre obtenu de photographies a été de 28 pour l'éclipse partielle et de 6 pour la couronne. Elles ont été faites par M. Renaux, avec l'assistance de M. Evrard. L'épreuve positive sur verre que j'ai l'honneur de présenter à l'Académie est un agrandissement de deux fois d'une photographie obtenue en deux secondes de pose, seize secondes après le commencement de la totalité. L'objectif employé, de $0^m,16$ d'ouverture et de $1^m,03$ de distance focale, avait été diaphragmé à $\frac{1}{18}$.

» Parmi les photographies obtenues, il en est une qui me semble d'un très grand intérêt : prise dix secondes avant la totalité de l'éclipse, elle donne à la fois des images intenses des points de Baily, de la chromosphère, des protubérances et de la couronne. J'aurai prochainement l'honneur de présenter à l'Académie une épreuve de cette curieuse photographie.

» *Étude visuelle de la couronne.* — L'un des caractères distinctifs de la couronne dans cette éclipse est la grande netteté avec laquelle sont accusés

les rayons polaires ; par là, elle rappelle les couronnes de 1889 et de 1898. Examinée à l'aide d'une jumelle de Zeiss, d'un grossissement égal à 12, elle m'a paru s'étendre, dans sa partie ouest, jusqu'à la moitié de la distance de la planète Mercure, qui se voyait à environ trois diamètres et demi du bord du Soleil et dans le voisinage de l'équateur de cet astre.

» *Photographie du spectre des lignes brillantes de la chromosphère dans la région qui s'étend de* G *à h*. — Environ dix secondes avant le commencement de la totalité, ce spectre a été obtenu par M. Rambaud dans la région de G à h en une pose d'environ $0^s,2$ avec la fente normale au milieu du segment lumineux. L'appareil employé consistait en un prisme de Thollon dont le sulfure de carbone avait été préalablement distillé et mélangé de 2 pour 100 d'éther sulfurique. Le prisme était au minimum de déviation pour la raie G, et l'étendue angulaire du spectre depuis G jusqu'à h était de $5°,6$. La photographie obtenue, et qui sera étudiée, contient un nombre considérable de raies brillantes.

» La tentative faite pour obtenir les spectres de deux parties diamétralement opposées de la couronne à cinq minutes d'arc environ du bord du Soleil, dans l'équateur de cet astre, a donné un résultat négatif.

» *Observations thermo-actinométriques*. — Ces observations ont été faites par M. Gaultier à l'aide de deux thermomètres conjugués dans le vide, l'un à boule noircie, l'autre à boule brillante, établis à une hauteur de $1^m,20$ d'un sol gazonné. On observait ces deux thermomètres à une distance d'environ 4^m, au moyen d'une lunette, et de trente secondes en trente secondes. Depuis l'instant du premier contact, la baisse totale du thermomètre à boule brillante a été de $14°,4$; le minimum s'est produit à six minutes environ après le milieu de l'éclipse.

» Mais la marche du thermomètre à boule noircie a présenté une anomalie qu'il ne me paraît pas facile pour le moment d'expliquer et qui devra faire l'objet d'une étude spéciale.

» La température à l'ombre, sous abri, n'a baissé que de 1°5 pendant toute la durée de l'éclipse, mais sans passer par un minimum à aucun instant. Le thermomètre humide a suivi constamment une marche parallèle à celle du thermomètre sec, et enfin, la variation du baromètre n'a rien montré qui puisse être attribué à une influence quelconque de l'éclipse. »

ASTRONOMIE. — *Sur l'éclipse de Soleil du 28 mai 1900.* Note de MM. **Meslin, Bourget** et **Lebeuf.**

« Les Universités de Montpellier et de Toulouse ayant décidé l'organisation à frais communs d'une mission en vue de l'observation de l'éclipse du 28 mai 1900, nous avons fait à Elche une série de déterminations que nous résumons dans cette Note.

» La station a été repérée en latitude et en longitude à l'aide de mesures qui ont duré pendant un mois, en utilisant un cercle méridien d'Eichens obligeamment prêté par l'Observatoire de Paris. L'heure a été ensuite comparée grâce à une communication électrique établie entre l'observatoire de San-Fernando et la station occupée par la mission espagnole dirigée par l'amiral Viniegra; nous avions à notre disposition deux chronomètres (Fénon n° 36 et Bréguet 999). Les contacts ont été observés à l'aide d'une lunette équatoriale de 108^{mm} de diamètre, de Secrétan (munie d'un mouvement d'horlogerie) et à l'aide de laquelle on a déterminé la longueur de la corde commune aux différents temps. Toutes ces mesures faites par M. Lebeuf seront ultérieurement réduites et publiées.

» Nous avons également obtenu une série de photographies de la couronne et du spectre de la couronne à l'aide des appareils suivants :

» Un équatorial photographique avec mouvement d'horlogerie de 16^{cm} d'ouverture, de 1^{m} de foyer avec objectif de MM. Henry (modèle de la carte de l'écliptique) ([1]), avait été muni d'une sorte de revolver photographique qui a permis d'obtenir huit épreuves pendant la totalité; sur le même axe était montée une chambre photographique à grand champ qui a été exposée pendant la durée entière de la totalité pour l'étude des planètes voisines du Soleil : ces appareils étaient maniés par M. Bourget assisté par M. Carrère, mécanicien à l'observatoire de Toulouse, qui avait aidé M. Lebeuf à l'installation des appareils astronomiques.

» M. Meslin avait apporté une lunette photographique raccourcie de Steinheil équivalente à 1^{m} de foyer qui a été utilisée pour prendre des images instantanées pendant les quelques minutes qui ont précédé la totalité et pendant celles qui l'ont suivie, ainsi qu'une série d'épreuves au

---

([1]) Cet équatorial ainsi que la lunette et les chronomètres avaient été mis à notre disposition par M. Baillaud, Directeur de l'observatoire de Toulouse.

nombre de six pendant la durée de la totalité. Cet appareil avait été confié à M. Moye, de l'Université de Montpellier, qui l'a manœuvré avec beaucoup d'adresse et a exécuté très exactement le programme arrêté. Ces six épreuves ont été obtenues avec de courtes poses qui n'ont pas dépassé trois secondes et ont donné tout particulièrement les parties inférieures de la couronne avec les protubérances et les rayons curvilignes; les clichés montrent dans la partie inférieure de la couronne l'existence de plusieurs couches ellipsoïdales de pouvoir photogénique plus considérable, à peu près concentriques au Soleil et présentant un aplatissement vers les pôles, c'est-à-dire ayant sensiblement la forme générale de l'atmosphère coronale.

» L'équatorial photographique avait une clarté beaucoup plus considérable: il a fourni des épreuves à plus longue pose sur lesquelles on distingue les parties plus élevées de l'atmosphère du Soleil; sur les premières et les dernières d'entre elles, les régions inférieures présentaient alors de la solarisation et de l'irradiation malgré l'emploi de plaques Lumière antihalo, qui ont donné pour les autres épreuves d'excellents résultats.

» Enfin, M. Meslin a photographié l'image spectrale de la couronne à l'aide d'une chambre prismatique constituée uniquement par un réseau métallique concave de Rowland de 3^m de rayon recevant la lumière d'un héliostat. Il formait à l'aide du spectre diffracté de deuxième ordre sur une plaque $\frac{13}{18}$ une image spectrale correspondant aux radiations comprises entre F et M; le cliché, obtenu sur une plaque antihalo (non encore décolorée) montre des images formées par des cercles de 16^{mm} de diamètre sur lesquelles se manifestent les protubérances; on distingue les cercles qui correspondent aux raies H et K ainsi qu'à G'.

» Ce même appareil a servi au moment de la réapparition de la lumière à obtenir des spectres continus sur lesquels se détachent les bandes obscures du spectre solaire ayant la forme du croissant lumineux que le Soleil présentait à cet instant.

» Un peu avant la totalité, on a noté l'apparition des franges ondoyantes; nous reviendrons ultérieurement sur le détail de ces phénomènes en reprenant l'étude des clichés obtenus et la réduction des observations. »

ASTRONOMIE. — *Observations de l'éclipse de Soleil du 28 mai.* Extrait d'une Lettre de M. DE LA BAUME PLUVINEL à M. Janssen.

« Ainsi que je vous l'ai télégraphié, l'éclipse a pu être observée à Elche dans d'excellentes conditions atmosphériques. Le temps, qui avait été assez mauvais depuis notre arrivée à Elche, s'est rétabli complètement l'avant-veille de l'éclipse et le jour même du phénomène l'atmosphère était remarquablement pure.

» J'ai obtenu neuf images photographiques de la couronne avec mon appareil à trois objectifs de $1^m,50$ de foyer. Ces diverses épreuves, correspondant à des temps de pose différents, permettent de se rendre compte très exactement de la forme qu'a affectée la couronne. Elle appartenait au type bien caractérisé des couronnes de minimum d'activité solaire. Mes photographies sont presque identiques à celles que j'ai obtenues en 1889 aux îles du Salut : on y retrouve la même forme incurvée des panaches équatoriaux et les mêmes aigrettes aux pôles.

» Mercure est visible sur tous les clichés et permettra d'orienter exactement les images.

» J'ai aussi obtenu trois clichés avec un objectif à $2^m,70$ de foyer alimenté par mon cœlostat. Les plaques ont trop posé et ne donnent aucun détail que l'on ne puisse retrouver sur les clichés obtenus avec les objectifs de $1^m,50$ de foyer.

» D'une manière générale, les meilleurs clichés sont ceux qui ont posé peu, car dans une éclipse d'aussi courte durée le ciel est toujours très éclairé pendant la totalité et tend à voiler les plaques.

» Les meilleures images ont été obtenues sur plaques Lumière jaune (par conséquent peu sensibles) avec des actions photographiques $\left(100\frac{a^2}{f^2}t\right)$ égales à 12 et à 4.

» Mon spectroscope à un prisme avait sa fente dirigée suivant l'équateur solaire. Il a donné un spectre continu de la couronne s'étendant à 12′ environ du bord du Soleil. Il m'est impossible de retrouver dans ce spectre les raies de Fraunhofer que m'avait données l'éclipse du Sénégal. Quant aux raies brillantes, j'en compte environ 35. Elles ne sont guère visibles que d'un côté de l'équateur. De l'autre côté, l'activité solaire devait être bien moindre. Comme toujours, ce sont les raies H et K et les raies de

l'hydrogène qui sont les plus intenses. La raie coronale s'étend à 4′ ou 5′ du bord du Soleil.

» Mes deux prismes-objectifs, surtout celui en spath et quartz, ont donné de bons résultats. L'anneau coronal est bien visible, mais ne présente pas de contours définis. Les images monochromatiques de la chromosphère sont nombreuses et demanderont à être étudiées avec soin. L'épreuve obtenue à la fin de l'éclipse a été prise un peu après la réapparition du Soleil, mais elle est néanmoins intéressante, car elle montre les arcs de chromosphère en contact immédiat avec le bord du Soleil. Il y aura lieu de mesurer non seulement les positions de ces arcs, mais aussi leur longueur afin de déterminer les épaisseurs des diverses couches chromosphériques.

» J'avais aussi un grand spectroscope à six prismes pour l'étude spéciale de la raie coronale; mais probablement à cause de la faiblesse de la raie coronale, je n'ai obtenu aucune image.

» L'actinomètre Pellin a bien fonctionné. Je développerai la plaque à mon retour à Paris en même temps que des plaques exposées ici à la lumière de la pleine Lune et des plaques que j'exposerai à la lumière de la lampe étalon.

» Tels sont, mon cher Maître, les principaux résultats que j'ai pu obtenir. J'en suis assez satisfait, car les appareils ont bien fonctionné.

» Nous avons bien regretté que vous n'ayez pas pu venir observer cette éclipse et nous espérons que ce ne sont pas des raisons de santé qui vous ont retenu à Meudon. »

ASTRONOMIE. — *Sur la proportion de lumière polarisée de la couronne solaire.* Note de M. **J.-J. Landerer**, présentée par M. Janssen.

« Délaissée depuis plusieurs années l'étude de la lumière polarisée de la couronne solaire, il m'a semblé utile de la reprendre maintenant que le photopolarimètre de M. Cornu permet d'en mesurer la proportion avec une grande précision, et d'en suivre les variations dans les éclipses ultérieures.

» Le premier problème à résoudre c'était pour ainsi dire le procédé opératoire, en vue d'obtenir de bons résultats dans un intervalle aussi court que celui de la totalité, et, puisque le maniement de l'appareil pour rechercher les azimuts convenables et égaliser les deux images entraîne

une dépense de plusieures secondes, il fallait restreindre le nombre des observations et viser à les réaliser dans des conditions préalablement établies.

» Ces conditions découlent de la connaissance des deux sections principale du faisceau partiellement polarisé, dont l'une, d'après l'ancienne observation de Pratzmowsky, est normale au bord du disque éclipsé, ce qui d'ailleurs se conçoit, en vertu de la nature même des choses. L'alidade de l'instrument étant mise au zéro du tambour divisé, et la ligne d'origine étant perpendiculaire au rayon du disque coïncidant avec l'écliptique, soit le sens présumé du grand axe de la couronne, j'ai dirigé la lunette vers sa partie orientale, en projetant le diaphragme rectangulaire sur un champ comprenant un tiers du disque lunaire. L'endroit visé est donc situé à 2′ ou 3′ du bord.

» Dans ces conditions, une seule observation était suffisante pour la mesure dont il s'agit. Heureusement, j'ai eu le temps de tourner de 90° le photopolarimètre, et il m'a été possible de faire une seconde lecture qui confirme assez bien la précédente, l'écart entre elles n'étant que de 2°. En adoptant la notation de M. Cornu (¹), la première observation donne $-2\omega = 58°$, la seconde $\omega_2 - \omega_1 = 30°$; d'où $R = 0,53$ et $R = 0,50$. La proportion de lumière polarisée est donc 0,52.

» J'allais essayer un troisième azimut, mais mon assistant chargé du chronomètre m'ayant donné le signal convenu pour l'approche de la fin, j'ai quitté l'instrument et consacré les huit dernières secondes à regarder la couronne à simple vue. Elle était allongée dans le sens prévu, surtout du côté occidental.

» Je me fais un devoir d'exprimer ici ma reconnaissance à MM. les docteurs Llopis et Pomares, médecins distingués de la ville d'Elche, qui se sont chargés, le premier du chronomètre, le second d'éclairer les divisions du cercle. »

ASTRONOMIE. — *Éclipse de Soleil du 28 mai 1900, observée à Besançon.* Note de M. Gruey, présentée par M. Lœwy.

» Malgré l'état nébuleux d'un ciel variable, l'éclipse de Soleil du 28 mai a été observée à Besançon, suivant le programme que j'avais arrêté, à

(¹) Cornu, *Sur un nouveau photopolarimètre* (*Association française pour l'avancement des Sciences,* Congrès de La Rochelle, 1882).

l'équatorial droit par M. Sallet, à l'équatorial coudé par M. Chofardet, et photographiée par M. Hérique à notre petit équatorial photographique.

» MM. Chofardet et Sallet ont, par des pointés alternant avec les passages, obtenu trois séries de différences d'ascension droite et de déclinaison pour les cornes pendant les quarante premières et les quarante dernières minutes et pour les limbes pendant les quarante minutes intermédiaires. Chaque série se compose d'une vingtaine de déterminations.

» M. Hérique a obtenu au total seize clichés répondant aux différentes phases. Chaque cliché présente deux photographies successives, l'une à l'entrée, l'autre à la sortie du champ, donnant ainsi la grandeur et la direction de la corde commune, à l'époque correspondante.

» La réduction de ces observations permettra sans doute de conclure les quatre corrections des diamètres de la Lune, du Soleil, des différences de leurs ascensions droites et de leurs distances polaires.

» Cette réduction est un peu longue et nous ne pouvons donner en ce moment que les époques des deux contacts extérieurs, dont l'observation a été gênée par les nuages.

MM. Chofardet.	1er contact		$3^h 21^m 28^s,7$	Temps moyen de Besançon.
»	2e	»	5.29.57,6	
Sallet.	2e	»	5.30. 6,5	

Phénomènes météorologiques observés pendant l'éclipse de Soleil du 28 *mai* 1900.

Nota. — Le temps est compté de 0^h à 24^h, à partir de minuit, temps moyen de Paris.

Heures.	Températures à l'ombre.	au soleil.	État du ciel.
h m 14.30	° »	° »	halo ordinaire faible, bleuâtre.
15.0	21,5	23,4	ciel vaporeux, disparition du halo ordinaire.
15.6	»	»	(commencement de l'éclipse) le ciel devient de plus en plus vaporeux.
15.10	21,1	22,0	même état du ciel.
15.20	21,1	21,6	même état du ciel.
15.30	21,2	21,5	cirro-stratus, à l'état diffus; ciel laiteux.
16.0	20,7	20,7	apparition d'un grand halo, avec l'arc circumzénithal vivement coloré, rouge du côté du Soleil et violet à l'opposé.
16.14	19,6	19,6	(maximum de l'éclipse) quelques cirro-cumulus passent devant le Soleil.
16.30	19,5	19,5	cirro-cumulus inférieurs, lumière faible.
16.50	19,7	19,7	id.

Heures.	Températures à l'ombre.	au soleil.	État du ciel.
h m	°	°	
17.0	20,1	20,2	bande d'alto-cumulus, grisâtres, voilant la partie supérieure du grand halo, parhélie à droite, sur le grand halo.
17.10	20,2	20,2	
17.15	»	»	(fin de l'éclipse).
17.20	19,9	19,9	réapparition du halo ordinaire avec halo circonscrit, d'un blanc brillant; l'arc circumzénithal est à son maximum de coloration, rouge intense.
17.30	»	»	disparition du grand halo; le halo ordinaire brille d'un blanc assez intense.
17.50	»	»	disparition du halo ordinaire.

ASTRONOMIE. — *L'éclipse partielle de Soleil du* 28 *mai* 1900 *à l'observatoire de Lyon*. Note de M. **Ch. André**, présentée par M. Lœwy.

« Dans l'observation de l'éclipse partielle de Soleil du 28 mai dernier le but que nous nous proposions était multiple; nous voulions :

» 1° Comparer, au point de vue de la précision, l'observation directe des heures de contact à celle faite par projection sur un écran blanc;

» 2° Comparer ces heures directes à celles déduites de la mesure des flèches correspondant aux cordes communes aux deux disques;

» 3° Rechercher le *ligament noir* que nous avions signalé et expliqué lors de l'éclipse du 17 mai 1882 ([1]).

» Les observateurs étaient :

» M. Le Cadet, à l'équatorial coudé diaphragmé à $0^m,12$, grossissement 150 (observation directe);

» M. Luizet, à la lunette de Biette, $0^m,12$ d'ouverture, grossissement 150 (observation directe);

» MM. Guillaume et Lagrula, à l'équatorial Brunner, $0^m,16$ d'ouverture, grossissement 100 (observation des contacts par projection et mesure des flèches sur les images projetées).

» Le ciel a été beau pendant la première moitié de l'éclipse, malgré la présence de cirrus et d'alto-cumulus élevés et d'abord assez rares : dans la seconde moitié et surtout aux environs du contact de sortie l'envahisse-

([1]) *Comptes rendus*, t. XCIV, p. 1401.

ment progressif des cirrus affaiblit notablement les images qui deviennent ondulantes; cet affaiblissement est particulièrement sensible dans les images projetées sur l'écran.

» *Observation des contacts.* — Les résultats de l'observation des contacts sont, en temps moyen de Paris :

Observateurs.	Commencement.	Fin.	
	h m s	h m s	
Le Cadet...............	3.6.49,3	5.18.17,3	observation directe
Luizet..................	49,5	16,4	observation directe
Guillaume...............	50,4	13,6	observation par projection

» *Heures des contacts déduites des flèches.* — Les mesures de flèches sur les images projetées ont été poursuivies pendant un quart d'heure après ou avant le contact; leur discussion, faite par M. Lagrula, conduit aux heures suivantes :

Commencement.	Erreur probable.	Fin.	Erreur probable.
$3^h 6^m 51^s,4$	$\pm 3^s,3$	$5^h 18^m 16^s,3$	$\pm 3^s,8$

» De l'ensemble des nombres précédents, on paraît être en droit de conclure que, lorsque l'état du ciel est suffisamment beau, les trois méthodes d'observation étudiées ici sont sensiblement équivalentes, l'observation oculaire directe présentant cependant un léger avantage; et que, dans le cas contraire, l'observation du contact par projection doit être abandonnée. La méthode des flèches offre alors de son côté cet avantage qu'elle peut donner l'heure du contact alors même que les nuages auraient empêché de l'observer directement.

» *Ligament noir.* — La surface du Soleil, alors voisin d'un minimum de fréquence et d'étendue des taches, ne présentait que quelques petits noyaux dont les plus larges avaient 4″ et 5″ de diamètre angulaire, noyaux dont en outre l'obscurité était relativement faible. Malgré les conditions bien peu favorables, le ligament noir a été observé aux trois instruments lors des contacts des noyaux les plus larges avec le bord de la Lune.

» La lunette de l'équatorial coudé et celle de Biette étaient à l'air libre et un peu agitées par l'action d'un vent assez fort; aussi les images y étaient ondulantes et le ligament, quoique en général très net, n'y était pas permanent.

» A l'équatorial Brunner, abrité par sa coupole, avec lequel on observait alors directement et qui avait été disposé pour pouvoir passer pour ainsi dire instantanément de son ouverture entière $0^m,16$ à $0^m,10$ et $0^m,05$,

l'aspect du phénomène a été normal : par exemple, « à l'immersion du » plus grand des noyaux (5″) un ligament moins sombre que le noyau, » mais plus sombre que la pénombre sur laquelle il se détache, est devenu » peu à peu très nettement perceptible quatre secondes avec le contact du » noyau et du bord de la Lune ; ce ligament est d'ailleurs plus marqué avec » l'ouverture de $0^m,05$ qu'avec celle de $0^m,10$ et avec celle-ci plus qu'avec » l'ouverture entière. »

ASTRONOMIE. — *Éclipse de Soleil du 28 mai 1900, observée en ballon.* Note de Mlle **D. Klumpke**, présentée par M. Lœwy.

« A l'occasion de l'éclipse totale de Soleil du 28 mai, visible à Paris comme éclipse partielle, le Comité scientifique de l'Aéro-Club organisa une ascension chargée de faire des observations thermométriques à des altitudes élevées. La direction du ballon *Aéro-Club* fut confiée à M. le comte Henry de la Vaulx ; au bord de la nacelle se trouvaient comme observateurs M. le comte de Castillon de Saint-Victor, M. Maurice Guffroy et Mlle D. Klumpke que la Direction de l'Observatoire de Paris avait bien voulu autoriser à prendre part à cette expédition.

» Les instruments emportés étaient les suivants : un baromètre enregistreur Richard; un thermomètre Assmon (sec et mouillé), vérifié par M. Teisserenc de Bort; trois thermomètres fronde dont l'un, pendant toute la durée de l'ascension, est resté suspendu dans les cordages de la nacelle; les deux autres, avant chaque lecture, ont été agités à l'air libre (le thermomètre n° 14536, après vingt-trois minutes d'observation, est tombé dans le vide; des baromètres anéroïdes, une boussole, des jumelles, une montre Longine à seconde comparée avant et après l'ascension à a pendule, temps moyen, de l'Observatoire de Paris; un chronomètre Delépine (temps sidéral) prêté par l'observatoire de Meudon, comparé à la pendule Winnerl de l'Observatoire de Paris et qui devait servir à l'observation des contacts. Ces observations n'ont pu être faites, les bords du Soleil ayant été constamment voilés par les nuages. En vue de l'observation photographique de l'éclipse, M. Janssen avait obligeamment prêté à la mission un objectif Steinheil (foyer 36^{cm}) donnant une image au téléobjectif de 31^{mm}, grossissement 8,6 avec un tirage de $1^m,41$. Malheureusement. à cause de l'espace restreint qu'offrait la nacelle et des dimensions relativement grandes de la chambre noire, l'appareil photographique a dû rester à terre.

» A $1^h 36^m$ dans la plaine Saint-Denis, usine du Landy, le baromètre et le thermomètre fronde marquaient 767^{mm} et $24°,4$; le départ eut lieu à $2^h 16^m$ par un ciel fort brumeux et par un vent nord-nord-ouest. Lors du premier contact à $3^h 1^m$, nous étions à 1530^m, nous nous trouvions dans la première

couche de brume qui s'élevait jusqu'à 1800^m et que nous quittâmes à 3^{h}12^m. Le ciel était couvert et le Soleil à travers les nuages brillait comme un pâle disque d'argent.

» Les températures notées de 2^{h}16^m à 3^{h}1^m sont les suivantes :

Heure.	Altitudes corrigées.	Sec.	Mouillé.	Th. fronde.	Heure.	Altitudes corrigées.	Sec.	Mouillé.	Th. fronde de la nacelle.
2^{h}16^m	départ	»	»	»	2^{h}47^m	1080^m	+10°,2	+7°,1	»
2.31	500^m	»	»	17°,8 à l'air libre	2.48	1080	»	»	14°,2
2.34	625	+11°	+10°	»	2.49	1190	9,4	6,4	»
2.40	900	+12,4	8,3	»	2.52	1215	9,0	6,1	13,2
2.44	920	12,0	7,4	nacelle	2.59	1530	6,7	4,2	10,4
2.45	990	»	»	13°,4					

» De l'heure du premier contact jusqu'à la plus grande phase nous passons de l'altitude 1530^m à l'altitude 2430^m; au nord se trouvent des stries bleuâtres illuminées; à 3^{h}7^m, une bande lumineuse embrasse tout l'horizon, nous coupons les nuages à 3^{h}9^m; à 3^{h}25^m nous entrons dans une seconde brume plus épaisse; le Soleil éclipsé se montre à travers les nuages; au sud et à l'ouest du Soleil, s'étendant sur un arc de 30° environ, se trouvent des alto-stratus vivement colorés qui changent de teintes pendant les différentes phases de l'éclipse; à l'opposé du Soleil se trouvent des stratus au ton plus foncé; à 3^{h}58^m, nous entrons dans une autre couche de brume.

» Les lectures faites pendant cette deuxième phase sont :

Heure.	Altitudes corrigées.	Sec.	Mouillé.	Thermom. dans la nacelle.	Heure.	Altitudes corrigées.	Sec.	Mouillé.	Nacelle.
h m	m	°	°	°	h m	m	°	°	°
3.2	1530	5,2	4,2	6,7	3.14	1845	6,2	2,1	»
3.3	1530	5,2	4,0	»	3.17	1845	6,4	1,4	10,3
3.5	1665	4,9	4,0	»	3.20	1890	6,2	2,4	10,2
3.7	1755	4,0	3,2	»	3.22	1910	6,3	3,0	9,2
3.9	1820	5,2	3,0	»					

» A partir de 3^{h}22^m les lectures sont faites au thermomètre fronde, la clé du ventilateur étant tombée dans le vide.

Heure.	Altitudes corrigées.	Thermomètre fronde à l'air libre.	Thermomètre fronde dans la nacelle.	Heure.	Altitudes corrigées.	Thermomètre fronde à l'air libre.	Thermomètre fronde dans la nacelle.
h m	m	°	°	h m	m	°	°
3.40	1920	»	»	4. 7	2340	+4	»
3.45	2115	+6	9,7	4.10	2430	»	+6,2
3.49	2205	+5	9,7				

« A $4^h 10^m$, près du bord ouest du Soleil, apparaît une courte éclaircie; mais celle-ci fait bientôt place aux nuages qui continuent à voiler le Soleil pendant toute la durée de l'éclipse. Les alto-stratus à l'opposé du Soleil s'accentuent de plus en plus et se transforment en fracto-stratus.

» Voici les lectures thermométriques de la phase maximum jusqu'au dernier contact :

Heure.	Altitudes corrigées.	Thermomètre fronde à l'air libre.	Thermomètre fronde dans la nacelle.	Heure.	Altitudes corrigées.	Thermomètre fronde à l'air libre.	Thermomètre fronde dans la nacelle.
h m	m	°	°	h m	m	°	°
4.13	2430	2,4	5,4	4.41	2790	— 0,5	»
4.18	2565	3,0	4,2	4.45	2835	— 0,5	3,4
4.22	2655	+ 1,0	5,7	4.56	3105	— 2,5	+ 1,2
4.29	2720	+ 0,5	5,7	5. 0	3105	— 2,5	»
4.37	2745	+ 0,5	3,9	5. 8	3240	— 2,5	— 0,3

» De $5^h 20^m$ à $5^h 42^m$ nous rencontrons de la neige impalpable, la brume s'épaissit autour de nous, notre horizon se restreint, les bandes lumineuses au sud et à l'ouest du Soleil sont toujours visibles.

» Le baromètre et le thermomètre marquent :

Heure.	Altitudes corrigées.	Thermomètre fronde à l'air libre.	Heure.	Altitudes corrigées.	Thermomètre fronde à l'air libre.
h m	m	°	h m	m	°
5.15	3195	— 4	5.51	2575	+ 4
5.23	3285	— 3,5	5.54	2565	+ 2
5.35	3240	— 4,5	6. 6	2700	+ 0,4
5.42	3285	— 0,5	6. 9	2770	»
5.46	2990	+ 3			

» A $6^h 21^m$ les couches supérieures se séparent et le bleu du ciel sur lequel se projettent de délicats cirrus devient visible; à $6^h 27^m$ nous rentrons dans la brume, le Soleil est caché par les nuages; à $6^h 29^m$ les couleurs s'estompent peu à peu; de $6^h 15^m$ à $6^h 45^m$ nous tombons de 2745^m à 300^m et notre thermomètre remonte de $+ 0°,4$ à $+ 12°$ ($6^h 35^m$); nous atterrissons à $7^h 37^m$ à Saint-Cydroine (Yonne) à 2^{km} de Laroche, après avoir parcouru 136^{km} à raison de 25^{km} à l'heure en passant au-dessus de Balloy (27^{km} de Provins), Dixmont, la forêt d'Othe (Yonne). »

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Sur la théorie de la Lune.* Note de M. **H. Andoyer**, présentée par M. Poincaré.

« J'ai déjà montré, dans deux Mémoires antérieurs, que les formules données par Delaunay pour le calcul de la longitude de la Lune avaient besoin d'être corrigées. J'ai calculé, en effet, tous les termes de la longitude qui sont de la forme km^p, $km^p e$ ou $km^p e'$, en désignant par k un coefficient numérique rationnel, par m le rapport des moyens mouvements du Soleil et de la Lune, par e et e' les excentricités des orbites de la Lune et du Soleil; et, si les quantités m, e, e' sont considérées comme du premier ordre, j'ai reconnu que, d'une façon générale, à partir du huitième ordre inclusivement, tous les résultats de Delaunay étaient inexacts. Les nombres que j'ai indiqués comme devant leur être substitués, ont d'ailleurs été obtenus par deux méthodes entièrement indépendantes, et, pour une partie d'entre eux, ils ont été vérifiés ultérieurement par M. G.-W. Hill.

» A la vérité, les erreurs commises par Delaunay sont faibles, et n'ont pas, en général, une bien grande importance pratique; mais, si l'on considère que le grand intérêt de l'œuvre de Delaunay réside surtout dans la forme analytique qu'il a donnée aux coefficients des inégalités des coordonnées de la Lune, et que, d'autre part, la détermination d'un nombre rationnel ne vaut que par son exactitude rigoureuse, il ne semblera pas superflu de chercher à rendre complètement exemptes d'erreurs les formules de l'illustre astronome.

» Voici, comme première continuation aux Mémoires rappelés ci-dessus, les corrections qu'il faut faire subir aux termes donnés par Delaunay dans l'expression de la longitude de la Lune, qui sont de la forme $km^p e^2$ et qui n'affectent que la variation.

» Dans le coefficient de $\sin 2D$ (*Mém. de l'Acad. des Sciences*, t. XXIX, p. 815) :

au lieu de $+\frac{4.454.561.291}{3.538.944}e^2 m^6$,

il faut lire $+\frac{4.460.085.131}{3.538.944}e^2 m^6$;

au lieu de $-\frac{3.409.563.289.799}{566.231.040}e^2 m^7$,

il faut lire $+\frac{1.862.947.433.401}{566.231.040}e^2 m^7$;

dans le coefficient de $\sin 4D$ (*ibid.*, p. 837) :

au lieu de $$+\frac{3.753.095.699}{2.457.600}e^2 m^6,$$

il faut lire $$+\frac{3.737.533.739}{2.457.600}e^2 m^6$$

» Il serait d'ailleurs facile, dans les formules ainsi corrigées, d'introduire à la place de m un autre paramètre rendant plus rapide la convergence des séries.

» Enfin, j'ajouterai que, dans les expressions du carré du rayon vecteur de la Lune et aussi du logarithme de ce rayon vecteur, j'ai calculé les termes des formes précitées, en poussant la précision aussi loin que dans le calcul de la longitude. On en déduirait sans peine, s'il en était besoin, les termes correspondants de l'expression de la parallaxe; mais l'on n'en pourrait déduire aucune comparaison avec les résultats de M. Delaunay, puisque celui-ci n'a donné la parallaxe qu'avec une précision insuffisante. J'espère pouvoir compléter très prochainement le calcul des termes de la forme $km^p e^2$. »

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Sur les congruences de cercles et de sphères qui sont plusieurs fois cycliques.* Note de M. C. GUICHARD.

« En étudiant les diverses transformations qui permettent de passer d'une surface isothermique à une autre surface isothermique, j'ai reconnu qu'un certain nombre d'entre elles appartiennent à un groupe plus général, savoir : les transformations qui changent une congruence de sphères plusieurs fois cycliques en une congruence de même nature. C'est ce problème que je vais résumer dans cette Note.

» Tout d'abord, je rappelle qu'une sphère décrit une congruence cyclique si les coordonnées $x_1, x_2, \ldots, x_5$ de cette sphère sont des fonctions de u et v satisfaisant aux équations

$$(1)\qquad \frac{\partial^2\theta}{\partial u\,\partial v} = \frac{1}{h}\frac{\partial h}{\partial v}\frac{\partial\theta}{\partial u} + \frac{1}{l}\frac{\partial l}{\partial u}\frac{\partial\theta}{\partial v} + R\theta,$$

$$(2)\qquad x_1^2 + x_2^2 + \ldots + x_5^2 = h^2 U^2 + l^2 V^2.$$

On démontre, comme dans le cas de l'espace à trois dimensions, que si la congruence est plusieurs fois cyclique, l'équation (1) doit être à invariants

égaux. Ramenons cette équation à la forme canonique de M. Moutard. Soit :

$$\frac{\partial^2\theta}{\partial u\,\partial v} = M\theta, \tag{3}$$

cette équation. En appliquant le critérium des congruences cycliques, on voit que l'équation (3) doit admettre cinq relations $\xi_1, \ldots, \xi_5$, telles que

$$\xi_1^2 + \xi_2^2 + \xi_3^2 + \xi_4^2 + \xi_5^2 = U + V. \tag{4}$$

» Je désignerai d'une manière générale par E_p les équations de la forme (3) qui admettent p solutions dont la somme des carrés est égale à $U + V$. Le problème posé revient donc à trouver les équations E_5.

» Plaçons-nous d'abord dans le cas général où aucune des fonctions U et V ne se réduit à une constante. Le problème est alors du huitième ordre.

» A un système CC sont harmoniques ∞^4 systèmes O, 3O; à un système O, 3O il y a deux systèmes CC harmoniques. On en déduit une *première transformation* de notre problème, transformation qui comprend, comme cas particulier, la transformation de M. Bianchi pour les surfaces à courbure totale constante.

» Un système O, 3O est conjugué à ∞^1 systèmes I, 5I. Le centre $M(x_1, x_2, x_3)$ d'une sphère I, 5I décrit un réseau de lignes de courbures et il existe quatre fonctions y_1, y_2, y_3, y_4 satisfaisant à la même équation de Laplace que x_1, x_2, x_3 et telles que

$$y_1^2 + y_2^2 + y_3^2 + y_4^2 = 0.$$

» Inversement, si un système I, 5I est donné, il existe ∞^2 systèmes O, 3O qui lui sont conjugués; ces systèmes s'obtiennent par la résolution de deux équations de Riccati. De là une *deuxième transformation* du problème.

» Si l'on prend un système I, 5I, il y a ∞^4 systèmes 2I, 4I qui lui sont harmoniques; à un système 2I, 4I, il y a deux systèmes I, 5I harmoniques, d'où il résulte une *troisième transformation* du problème.

» Si l'on part d'un système O, 3O, on trouve ∞^4 systèmes 3I, 3I qui lui sont conjugués; inversement, chaque système 3I, 5I a pour conjugués quatre systèmes O, 3O; de là une *quatrième transformation* du problème.

» Enfin, en prenant comme point de départ un système 2I, 4I, on peut obtenir ∞^1 systèmes 2O, 2O conjugués; inversement, tout système 2O, 2O fournit ∞^2 systèmes 2I, 4I qui lui sont conjugués. Il en résulte une *cinquième transformation* du problème.

» *Remarque I.* — Toutes les transformations qui viennent d'être indiquées ne sont pas distinctes. J'indiquerai, dans un Mémoire détaillé, le mécanisme de ces transformations ainsi que les relations qui existent entre elles.

» *Remarque II.* — La méthode qui vient d'être suivie indique un certain nombre de solutions particulières du problème posé. Prenons par exemple, dans l'espace à trois dimensions, un réseau O, 3O; la sphère-point qui lui correspond décrit toujours une congruence I, 5I. La recherche des réseaux O, 3O dans l'espace à trois dimensions, quand on ne recherche que la direction des éléments, est le problème E_3. On a ainsi un passage du problème E_3 au problème E_5. Je montrerai d'une manière générale comment la résolution du problème E_p permet d'avoir des solutions particulières des problèmes E_{p+1} et E_{p+2}. »

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — « *Sur les séries divergentes* » : *rectification à une Note précédente.* Note de M. **Le Roy**, présentée par M. Poincaré.

« Je me suis aperçu d'une erreur dans ma Note du 14 mai dernier. M. Phragmén a fait en même temps la même remarque et sa démonstration m'a été gracieusement communiquée. Cette démonstration et la mienne sont d'ailleurs absolument semblables. En voici le principe :

» Soit

$$J(z, t) = \sum_0^\infty z^n e^{-n^2 t} \qquad (t > 0).$$

On a

$$J(z, t) + J\left(\frac{1}{z}, t\right) - 1 = \vartheta_3\left(\frac{Lz}{2i\pi}\middle|\frac{ti}{\pi}\right) = \sqrt{\frac{\pi}{t}}\, e^{\frac{(Lz)^2}{4t}}\, \vartheta_3\left(\frac{Lz}{2t}\middle|\frac{\pi i}{t}\right).$$

On conclut aisément de là que, si t tend vers zéro, $J(z, t)$ tend uniformément vers $\frac{1}{1-z}$, *pourvu que z reste dans un domaine limité par la spirale logarithmique $\rho = e^{\omega}$ $(z = \rho e^{i\omega})$ et par la spirale symétrique de la première par rapport à l'axe réel du plan z.* Cette région contient, bien entendu, tout le cercle de rayon 1.

» L'intégrale de Cauchy montre ensuite que, si la série $\sum_0^\infty \alpha_n z^n$ définit une fonction $f(z)$ holomorphe autour de l'origine, l'expression $\sum_0^\infty \alpha_n z^n e^{-n^2 t}$ tend vers $f(z)$, quand t tend vers zéro, *sur tout arc du cercle de convergence où la fonction $f(z)$ est régulière et même un peu au delà de cet arc.*

» Le théorème en question ne peut donc pas servir à obtenir le prolongement de $f(z)$ dans tout son domaine d'existence, ni à démontrer le théorème de M. Mittag-Leffler sur le développement de $f(z)$ en série de polynomes. *Mais il permet de déterminer les points singuliers de $f(z)$ qui sont situés sur le cercle de convergence de cette fonction.*

» Pour retrouver les résultats que j'avais énoncés, il faudrait chercher si l'on ne peut pas déterminer des entiers positifs λ_n tels que $\sum_0^\infty z^n e^{-\lambda_n t}$ soit pour $t > 0$ une fonction entière de z et tende vers $\frac{1}{1-z}$ quand t tend vers zéro, quel que soit z non réel et supérieur à 1.

» Cette généralisation est liée à une théorie générale des séries divergentes sur laquelle je me propose de revenir.

» Enfin, j'ajoute que, pour z non réel et supérieur à 1, l'expression $J(z, t)$ considérée plus haut devient une fonction oscillante quand t s'annule, si $|z|$ est assez grand. Dans ce cas, la considération de certaines intégrales divergentes, sommables par un procédé analogue à celui que j'ai indiqué à la fin de ma dernière Note, semble permettre d'attribuer à $J(z, t)$ une *vraie valeur* pour $t = 0$, vraie valeur qui est justement $\frac{1}{1-z}$. Mais c'est un point sur lequel je reviendrai. »

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la décomposition des groupes finis continus de transformations de Lie* [1]. Note de M. **Edmond Maillet**, présentée par M. Appell.

« *Définition.* — Un groupe fini continu de transformations de Lie est dit *décomposable* si l'on peut y trouver deux sous-groupes A et B d'ordre > 1, tous deux $< D$, et tels que toute transformation de D soit le produit d'une transformation a de A par une b de B. Nous posons

$$D = A \times B = AB.$$

---

(1) Certains résultats analogues à ceux qui sont contenus ici ont été indiqués par nous pour la *théorie des substitutions*, soit au *Congrès de Boulogne*, 1899 (*Ass. fr. pour l'avanc. des Sc.*), soit dans le *Bull. Soc. math.*, t. XXIV, p. 85, et t. XXVIII, p. 1.

» De même, quand il existe un groupe D > A et B et tel que D = AB, on dit que A et B sont échangeables ([1]).

» Théorème I. — *La condition nécessaire et suffisante pour que les groupes* A *et* B *entre* $x_1, \ldots, x_n$ *contenant la transformation identique* ([2]) *soient échangeables est que le groupe* D = (A, B), *dérivé de* A *et* B, *n'ait d'autres transformations infinitésimales que celles de la forme* E + E′, *si* E *et* E′ *sont les formes les plus générales des transformations infinitésimales de* A *et* B.

» Théorème II. — *La condition nécessaire et suffisante pour que les deux groupes* A *et* B *à* r_1 *et* r_2 *paramètres soient échangeables est que le groupe* D *dérivé de* A *et* B *soit à* $r_1 + r_2 - m$ *paramètres,* m *étant l'ordre du sous-groupe* C *des transformations communes à* A *et* B.

» En nous appuyant sur la détermination des groupes simples faite par MM. Killing et Cartan, nous avons établi le théorème suivant :

» Théorème III. — *Tout groupe fini continu de transformations de Lie est décomposable, quand il a au moins deux paramètres* ([3]).

» Théorème IV. — *Le problème de la recherche des sous-groupes transitifs des isomorphes holoédriques et transitifs d'un groupe donné est compris dans celui de la recherche des décompositions de ce groupe en un produit de deux sous-groupes, et lui est équivalent, quand ce groupe est simple.*

» En remarquant que les propriétés indiquées par nous dans une Note précitée du *Bulletin de la Société mathématique* (§ 3) pour les groupes de substitutions ont encore lieu pour les groupes finis continus ([4]), nous arrivons aux théorèmes suivants :

» Théorème V. — *Étant donné un groupe transitif* G *dans l'espace* $x_1, \ldots, x_n$ *qui laisse invariantes les deux divisions de cet espace*

$$(P) \qquad \Omega_1(x_1, \ldots, x_n) = \alpha_1, \ldots, \Omega_{n-p}(x_1, \ldots, x_n) = \alpha_{n-p'},$$

$$(Q) \qquad O_1(x_1, \ldots, x_n) = a_1, \ldots, O_{n-q}(x_1, \ldots, x_n) = a_{n-q'},$$

([1]) Comparer Killing, *Math. Ann.*, t. XXXIV, p. 57, et Cartan, *Thèse de doctorat*, p. 52 : leur définition de la décomposition est différente.

([2]) Nous ne considérons dans ce qui suit que des groupes contenant la transformation identique.

([3]) Il en résulte notamment la possibilité de former, pour chaque groupe de Lie à au moins deux paramètres, deux suites au moins analogues à celles du lemme II et du théorème I de la précédente Communication.

([4]) Il suffit de remplacer dans les démonstrations les produits et quotients par des sommes et différences.

la condition nécessaire et suffisante pour que l'ensemble des multiplicités générales Q, *permutées avec une d'elles* Q_0 *par les transformations de* (P_0), *forme une multiplicité d'une division* Φ *de l'espace* $x_1, \ldots, x_n$ *invariable par* G, *est que* (P_0) *et* (Q_0) *soient échangeables,* (P_0) *et* (Q_0) *étant formés respectivement des transformations de* G *qui laissent invariables les multiplicités* P_0 *et* Q_0 *de* P *et* Q *contenant un même point* π_0 *de position générale. La division* Φ *a* $p+q-s$ *degrés de liberté,* $r-n+s$ *étant l'ordre du groupe commun à* (P_0) *et* (Q_0).

» Ce théorème comporte une interprétation géométrique ; la voici pour l'espace ordinaire :

» *Corollaire.* — Étant donné un groupe G transitif entre les trois variables x, y, z qui laisse invariables les deux systèmes de courbes

$$(P) \qquad \Omega_1(x,y,z)=\alpha_1, \qquad \Omega_2(x,y,z)=\alpha_2,$$
$$(Q) \qquad O_1(x,y,z)=a_1, \qquad O_2(x,y,z)=a_2,$$

la condition nécessaire et suffisante pour que l'ensemble des courbes Q permutées avec une d'elles Q_0 rencontrant P_0 par les transformations de (P_0), ou encore pour que l'ensemble des courbes Q qui rencontrent la courbe P_0 de P forme une surface appartenant à un système simplement infini de surfaces formant une division de l'espace invariable par G, est que les groupes (P_0) et (Q_0) soient échangeables, (P_0) et (Q_0) étant formés respectivement des transformations de G qui laissent invariables les courbes P_0 et Q_0.

» Le théorème précédent comporte encore une interprétation dans la théorie des systèmes d'équations aux dérivées partielles.

» Théorème VI. — *Tout étant posé comme au théorème* V, *si*

$$(1) \qquad \begin{cases} Y_1=0, \ldots, Y_p=0, \\ Z_1=0, \ldots, Z_q=0 \end{cases}$$

sont les systèmes complets d'équations linéaires aux dérivées partielles qui définissent deux divisions P *et* Q *invariables par le groupe transitif* G, *la condition nécessaire et suffisante pour que l'ensemble des équations* (1) *forme un système complet est que* (P_0) *et* (Q_0) *soient échangeables. Ce système complet est formé de* $p+q-s$ *équations indépendantes si* $r-n+s$ *est l'ordre du groupe commun à* (P_0) *et* (Q_0).

» Théorème VII. — *Un groupe* G *dont tous les sous-groupes sont deux à deux échangeables est intégrable.* »

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'intégration de l'équation $\Delta u = fu$.* Note de M. **J.-W. Lindeberg**, présentée par M. Picard.

« Soient c la circonférence d'un cercle C de rayon R ayant l'origine pour centre, f une fonction donnée de x et y, et Φ_c une fonction définie en tout point de c. Désignons encore par ρ et φ les coordonnées polaires d'un point x, y, et faisons les hypothèses suivantes :

» 1° La fonction f est continue et admet une limite inférieure positive et non nulle dans C ;

» 2° Elle possède des dérivées partielles des trois premiers ordres, finies et continues dans C, le contour compris ;

» 3° La fonction Φ_c admet des dérivées des deux premiers ordres par rapport à Φ, finies et continues.

» Cela posé, nous allons montrer qu'*on peut trouver une fonction* V *de* x *et* y, *finie et continue ainsi que ses dérivées partielles des deux premiers ordres dans* C, *et satisfaisant aux conditions*

$$\Delta V = fV \text{ dans C}, \qquad \frac{dV}{dn} = \Phi_c \text{ sur } c,$$

$\frac{dV}{dn}$ *désignant la dérivée de* V *prise dans la direction de la normale intérieure.*

» Soit u_1 la fonction satisfaisant aux relations

$$\Delta u_1 = fu_1 \text{ dans C}, \qquad u_1 = 1 \text{ sur } c,$$

et désignons par k le minimum du module de $\frac{du_1}{dn}$ sur c; on démontre que

$$k > 0.$$

» De cette inégalité on conclut que, u étant une intégrale de l'équation $\Delta u = fu$ et M désignant le maximum du module de u sur c, il existe deux constantes positives α et η, telles que

$$(a) \qquad |u(R - \delta n, \varphi)| < M(1 - \alpha\,\delta n),$$

pour $\delta n < \eta$. De plus on aura, dans C,

$$(b) \qquad |u| < \frac{g}{k},$$

g désignant le maximum du module de $\frac{du}{dn}$ sur c.

» Soit maintenant δn_0 une valeur de δn inférieure à η et posons

$$\delta n_i = \frac{\delta n_0}{2^i}.$$

» A chaque valeur entière et positive de i nous ferons correspondre une suite de fonctions

$$U_i^1, \quad U_i^2, \quad \ldots, \quad U_i^n, \quad \ldots$$

définies par les conditions

$$\begin{array}{ll} \Delta U_i^1 = f U_i^1 \text{ dans } C; & U_i^1 = -\Phi_c \delta n_i \text{ sur } c, \\ \Delta U_i^2 = f U_i^2 \text{ dans } C; & U_i^2 = U_i^1(R - \delta n_i, \varphi) \text{ sur } c, \\ \cdots\cdots\cdots\cdots & \cdots\cdots\cdots\cdots \\ \Delta U_i^n = f U_i^n \text{ dans } C; & U_i^n = U_i^{n-1}(R - \delta n_i, \varphi) \text{ sur } c. \\ \cdots\cdots\cdots\cdots & \cdots\cdots\cdots\cdots \end{array}$$

» L'inégalité (a) nous donne le moyen de montrer que les fonctions

$$U_i = \sum_n U_i^n$$

vérifient l'équation $\Delta U = fu$, et qu'on a, dans C,

$$|U_i| < \frac{K}{\alpha},$$

K désignant le maximum du module de Φ_c. D'ailleurs, on aura

$$U_i(R - \delta n_i, \varphi) - U_i(R, \varphi) = \Phi_c \delta n_i.$$

» Ceci établi, on démontre que le module de la dérivée $\frac{\partial^2 U_i}{\partial \rho^2}$ admet dans C une limite supérieure G, ce qui entraîne l'inégalité

$$\left| \frac{dU_i}{dn} - \Phi_c \right| < \frac{G\,\delta n_0}{2^{i+1}},$$

d'où

$$\left| \frac{d}{dn}(U_{i+1} - U_i) \right| < \frac{G\,\delta n_0}{2^i}$$

et, par suite, à cause de (b),

$$|U_{i+1} - U_i| < \frac{G\,\delta n_0}{k 2^i}.$$

» Donc, la série $\sum_i (U_{i+1} - U_i)$ est uniformément convergente dans C, et représente par conséquent une intégrale de l'équation $\Delta u = fu$.

» On démontre de même que la série

$$\sum_i \frac{\partial}{\partial \rho}(U_{i+1} - U_i)$$

converge uniformément dans le cercle C et, comme la valeur de cette série sur la circonférence c est égale à $-\Phi_c$, la fonction

$$V = \sum_i (U_{i+1} - U_i)$$

satisfait bien aux conditions

$$\Delta V = fV \text{ dans C}; \qquad \frac{dV}{dn} = \Phi_c \text{ sur } c.$$

» Le théorème annoncé au début est donc démontré.

» La théorie de la représentation conforme permet de l'étendre à toute aire limitée par un contour régulièrement analytique.

» Le problème que nous venons de résoudre sera traité avec plus de détails dans un Mémoire qui paraîtra bientôt. »

ÉLECTRICITÉ. — *Sur l'état électrique d'un résonateur de Hertz en activité.* Note de M. **Albert Turpain**, présentée par M. Mascart.

« Je supposerai, dans tout le cours de cette Note, que les résonateurs filiformes circulaires ont leur plan perpendiculaire à la direction des fils qui concentrent le champ (position I).

» *Résonateur complet.* — Un résonateur maintenu dans la position I et déplacé dans son plan manifeste un maximum de longueur d'étincelle au micromètre lorsque le rayon qui passe par le micromètre est perpendiculaire au plan des deux fils tendus (azimuts 0° et 180°). On observe un minimum sensiblement nul lorsque ce rayon est dans le plan des fils (azimuts 90° et 270°) (¹).

» *Résonateur à quatre micromètres.* — En utilisant un résonateur à quatre micromètres disposés aux extrémités de deux diamètres perpendiculaires on constate que les deux micromètres situés dans les azimuts 0° et 180° vibrent, alors que les deux autres micromètres sont éteints. Une rotation du résonateur de 90° dans son plan rend actifs les micromètres éteints et réciproquement.

» Si l'on déduit l'état électrique des divers points d'un résonateur de la mesure des

(¹) Pour la définition des azimuts, voir une Note précédente : *Sur le résonateur de Hertz* (*Comptes rendus,* 31 janvier 1898).

étincelles au micromètre lorsqu'on déplace le résonateur dans son plan, on est donc conduit à la conclusion suivante : *Le résonateur présente deux ventres de vibration diamétralement opposés, situés dans les azimuts* 0° *et* 180°, *et deux nœuds situés dans les azimuts* 90° *et* 270°.

» Cette conclusion ne s'accorde pas avec la loi expérimentale qui indique que, abstraction faite de la perturbation micrométrique, la longueur du résonateur est égale à la demi-longueur d'onde des oscillations qui l'excitent. De plus, la symétrie s'oppose à ce que les ventres diamétralement opposés du résonateur soient de signes contraires. La distribution des ventres et des nœuds le long du résonateur s'explique dès lors difficilement.

» *Résonateur à coupure mobile.* — Ce résonateur est construit de manière à rendre aisément variable l'angle que fait le rayon qui passe par le milieu de la coupure avec le rayon qui passe par le micromètre. La distance explosive maxima de l'étincelle du micromètre décroît progressivement lorsque le micromètre se rapproche de la coupure, celle-ci étant constamment maintenue dans l'azimut 180°.

» Si l'on déplace le long de la tige d'un résonateur en activité une petite bobine de fil fin attelée à un téléphone, le bruit entendu dans le téléphone pendant le déplacement, relativement faible lorsque la bobine investigatrice est voisine de la coupure, croît lorsque la bobine se rapproche du point du résonateur le plus éloigné de la coupure.

» *Le résonateur à coupure se présente donc comme ayant un nœud de vibration à chaque extrémité limitant la coupure et un ventre au point diamétralement opposé à la coupure.*

» Cette conclusion, en désaccord avec la première, ne s'accorde pas non plus avec le fait que, si l'on diminue la longueur de la coupure jusqu'à permettre l'explosion d'une étincelle entre ses deux extrémités, on y obtient des étincelles de longueur maxima.

» Je me suis proposé d'appliquer à la recherche pour laquelle j'avais imaginé les expériences ci-dessus une méthode qui permette de se rendre compte au même instant de l'état électrique des divers points du résonateur tout le long du conducteur qui le constitue. A cet effet, j'ai renfermé tout le résonateur, sauf le micromètre, dans un tube de verre de forme circulaire dans lequel on raréfiait suffisamment l'air pour permettre au conducteur du résonateur de produire la luminescence de cet air raréfié. Si la raréfaction est convenable, le résonateur décèle les états électriques qui se succèdent le long de l'arc conducteur qu'il forme par la luminescence que ce conducteur produit aux divers points du tube. La luminescence ainsi produite peint aux yeux par son éclat plus ou moins vif, plus ou moins estompé, l'état électrique des divers points du résonateur en activité qui la produit.

» Il était à craindre, dans l'emploi de ce dispositif, que la luminescence

de la gaine gazeuse qui enserre le résonateur ne soit produite par les fils mêmes qui concentrent le champ, au lieu de provenir de la seule action du conducteur qui forme le résonateur. La luminescence est seulement produite par le résonateur, car le tube de verre circulaire privé du conducteur et disposé dans les mêmes conditions ne devient pas lumineux, bien que l'air y soit raréfié au même degré qu'auparavant.

» Les observations faites sont les suivantes :

» *Résonateur complet.* — Le micromètre est dans un des deux azimuts de maximum d'étincelle (0° ou 180°). La luminescence ne se produit pas tant que le micromètre est fermé. Dès qu'il est ouvert, elle se produit, très faible, aux environs immédiats des pôles du micromètre; elle est nulle dans toute autre région. La luminescence se produit de part et d'autre du micromètre, le long d'arcs égaux, de plus en plus grands à mesure qu'augmente la distance explosive du micromètre. Quand les pôles du micromètre sont trop éloignés pour qu'il s'y produise des étincelles, la luminescence est maxima, elle intéresse, de part et d'autre, des arcs de 120° à 150°. La seule région qui reste obscure est la région diamétralement opposée au micromètre. La luminescence décroît d'ailleurs et s'estompe depuis le voisinage du micromètre, où elle est la plus intense, jusqu'à la région obscure. Si l'on déplace le résonateur dans son plan, le micromètre passant de l'azimut de maximum 0° à l'azimut d'extinction 90°, la luminescence accompagne le mouvement du résonateur. Les deux axes lumineux diminuent de grandeur lorsqu'on se rapproche de l'azimut d'extinction. La luminescence cesse complètement dès qu'on atteint cet azimut.

» *Résonateur à coupure : 1° Coupure dans l'air raréfié.* — Les azimuts d'extinction et de maximum d'effet sont les mêmes que pour un résonateur à coupure dans l'air. Les maxima ont lieu lorsque la coupure est dans l'azimut 0° ou dans l'azimut 180°. La coupure étant disposée dans l'azimut 180° et *le micromètre étant fermé*, on observe une sorte d'effluve entre les extrémités de la coupure et une luminescence assez intense le long de chaque conducteur, sur un arc de 40° à 50°. Tout le reste du résonateur est obscur. Dès qu'on ouvre le micromètre, une étincelle s'y produit, l'effluve diminue d'intensité entre les extrémités de la coupure et les arcs lumineux deviennent moins longs et moins intenses. Dès que le micromètre cesse de donner des étincelles, on n'observe plus ni effluve ni luminescence. Si l'on déplace le résonateur dans son plan, la luminescence accompagne le résonateur, et l'intensité du phénomène décroît lorsque la coupure s'approche d'un azimut d'extinction (90° ou 270°), pour lequel aucune luminescence ne persiste.

» 2° *Coupure dans l'air, les extrémités de la coupure comprises ou non dans les tubes à air raréfié.* — On observe les mêmes phénomènes que précédemment. L'effluve qui se produisait entre les extrémités de la coupure est seule absente. La luminescence intéresse de part et d'autre de la coupure des arcs plus étendus que précédemment.

» On voit que l'aspect présenté par un résonateur complet dont le micromètre est aussi ouvert que possible concorde avec l'aspect présenté

par un résonateur à coupure dont le micromètre est fermé. Le premier présente une luminescence maximum au voisinage du micromètre, le second au voisinage de la coupure. Les deux appareils sont, en effet, les mêmes : ce sont deux résonateurs à coupure sans micromètre. La présence du tube à air raréfié permet, en effet, de se rendre compte du fonctionnement des appareils sans avoir à consulter les micromètres. Ces expériences expliquent que les lois du résonateur à coupure soient celles qui régissent le résonateur complet à condition de faire jouer à la coupure le rôle dévolu au micromètre du résonateur complet. Elles conduisent à la conclusion suivante : si l'on admet que la luminescence la plus intense réside aux points où la variation de la densité électrique est la plus grande, les différents aspects présentés par les résonateurs s'accordent bien avec la *distribution indiquant un nœud de vibration à chacune des extrémités d'un résonateur en activité et un ventre au point également distant des extrémités.*

» Dans une prochaine Note, je développerai cette conclusion en rendant compte des phénomènes que présentent les résonateurs à plusieurs spires et les résonateurs à plusieurs micromètres observés à l'intérieur de tubes à air raréfié épousant leurs formes (1). »

ÉLECTRICITÉ. — *Recherches sur l'existence du champ magnétique produit par le mouvement d'un corps électrisé.* Note de M. V. Crémieu, présentée par M. G. Lippmann (2).

« D'après les travaux de Maxwell, on admet que si l'on déplace un corps chargé électrostatiquement, possédant une densité superficielle σ, avec une vitesse v, il se produira tout le long de la trajectoire suivie par le corps, au moment du passage de celui-ci, les effets magnétiques d'un courant de conduction dont l'intensité pourrait être calculée à chaque instant par la formule

$$di = ds\sigma\frac{v}{V},$$

daus laquelle ds est l'élément de surface et V le rapport des unités électromagnétiques aux unités électrostatiques de quantité d'électricité.

(1) Ces expériences ont été faites à la Station centrale d'Électricité de Bordeaux-les-Chartrons.

(2) Travail effectué au Laboratoire des Recherches physiques, à la Sorbonne.

» En 1876, M. H.-A. Rowland fit à Berlin, au laboratoire d'Helmholtz, une expérience dont le résultat parut confirmer cette hypothèse ([1]).

» En 1889, M. H.-A. Rowland et M. Hutchinson reprirent, à Baltimore, les mêmes expériences avec un dispositif meilleur, et obtinrent un résultat semblable ([2]).

» M. G. Lippmann, appliquant à l'expérience de Rowland le principe de la conservation de l'énergie, montra que des variations magnétiques doivent produire un mouvement des corps électrisés situés dans le champ ([3]). M. G. Lippmann me proposa, en 1897, de vérifier expérimentalement la conséquence ainsi déduite.

» Les forces à mettre en évidence, dans ces expériences, sont de l'ordre du millième de dyne, en se plaçant dans des conditions maxima. Je crus cependant constater que l'effet attendu n'existait pas. Mais les difficultés étaient telles qu'aucune mesure exacte ne put être faite. Cette première partie de mes recherches, dont le détail sera publié ultérieurement, m'amena à tenter de refaire les expériences de M. Rowland, en me plaçant dans des conditions plus favorables. Pour cela, au lieu d'observer, comme il l'avait fait, l'action directe d'un disque tournant chargé sur une aiguille aimantée, j'ai étudié les effets d'un pareil disque agissant par induction sur un circuit voisin.

» Voici l'appareil définitif que j'ai construit :

» Un disque D, de $0^{m},37$ de diamètre (*fig.* 1), solidaire d'un moyeu M monté sur billes d'acier, peut tourner autour d'un axe fixe A. Le disque est isolé du moyeu à l'aide de pièces d'ébonite E. On le charge, par l'intermédiaire du fil F, de la bague métallique isolée H et du balai G. L'axe A est fixé par deux lames d'acier L au centre de deux couronnes de fonte CC_1, CC_1, laissant entre elles un intervalle de 8^{mm} au milieu duquel tourne le disque. Les couronnes, reliées au sol, forment donc un condensateur dont le disque est l'armature interne. En même temps, ces couronnes de fonte constituent un circuit magnétique autour d'une bobine B concentrique au disque. Cette bobine porte 13000 tours de fil de cuivre de $0^{mm},15$ de diamètre; ses extrémités sont reliées aux bornes d'un galvanomètre très sensible. Le mouvement est communiqué au disque par l'intermédiaire d'une courroie agissant sur la poulie P. La *fig.* 2 montre l'ensemble des appareils.

» D'après la théorie précédemment rappelée, si l'on fait tourner le disque très rapidement, puis qu'on le charge, le courant de convection ainsi créé induira un courant dans la bobine B. Pour rendre cet effet plus facile à observer, un commutateur pro-

---

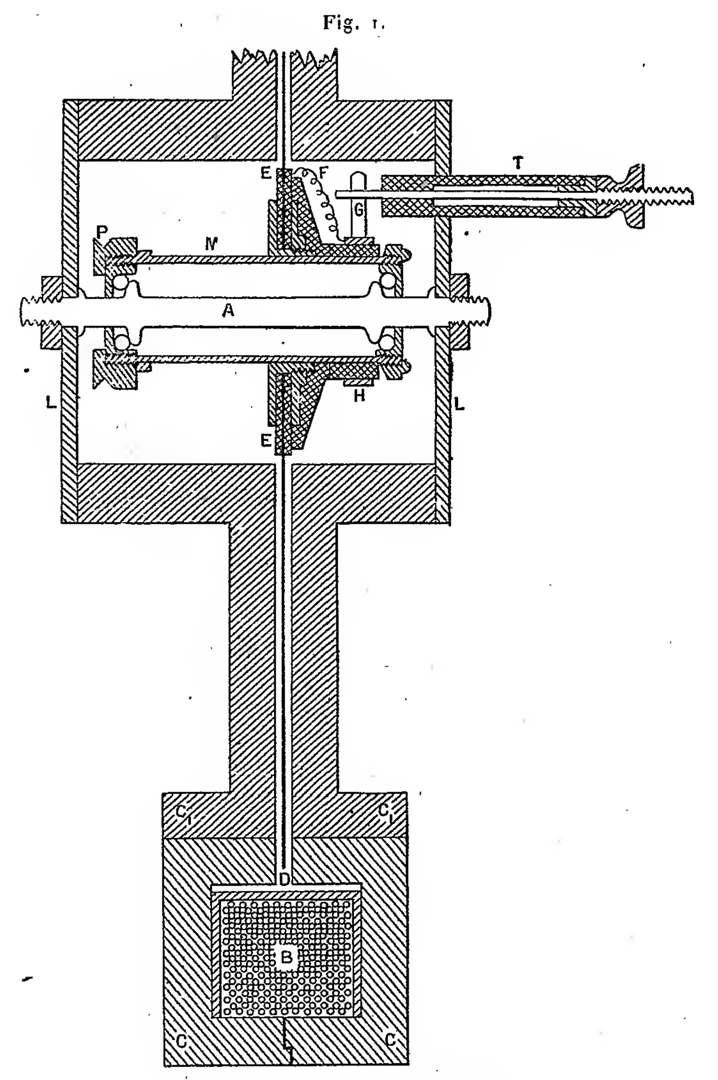
(1) *Pogg. Ann.*, t. CLVIII, p. 487, et *American Journal*, année 1878, p. 30.

(2) *Philos. Magazine*, 5e série, t. XXVII, p. 445.

(3) *Comptes rendus*, t. LXXXIX, p. 151 (année 1889).

duit plusieurs fois par seconde la charge et la décharge du disque et, en même temps, permet de n'envoyer dans le galvanomètre que les effets dus soit à la charge, soit à la décharge. On doit ainsi observer, au lieu d'une impulsion, une déviation permanente.

Fig. 1.



Échelle aux $\frac{4}{10}$ des dimensions réelles.

Si l'on vient à rendre la charge égale et de signe contraire, on observera une déviation en sens inverse et double de la première.

» Une spire témoin, fixée dans l'appareil, permet de faire agir sur la bobine B, par le simple jeu d'un inverseur, un courant de conduction interrompu par le même commutateur que celui qui charge le disque. On peut ainsi comparer à chaque instant

Fig. 2.



C, Couronnes de fonte entre lesquelles tourne le disque.
B, Extrémité de la bobine induite.
F, Fils du galvanomètre.
I, Interrupteur.
V, Fils amenant la charge.
Q, Dynamo motrice de l'interrupteur.
G, Dynamo motrice du disque.

l'effet d'induction du disque tournant à celui d'un courant de conduction d'intensité égale à celle calculée pour le courant de convection.

» Trois séries d'expériences ont été effectuées.

» Dans la première, le disque était en aluminium de $\frac{5}{10}$ de millimètre d'épaisseur. Il n'était recouvert d'aucun diélectrique. Les faces de fonte en regard étaient recouvertes de plateaux de verre gomme-laqué de 2^{mm} d'épaisseur. Les données et résultats furent les suivants :

Potentiel de charge. V.	Densité superficielle. σ.	Nombre de tours par seconde. N.	Déviation calculée. δ.	Déviation observée. δ' (1).
volts	C.G.S.		mm	mm
4500	5,7	100	37,2	2,0
5100	6,5	100	42,7	1,5
5100	6,5	120	51,3	1,8

» De ce résultat on pourrait conclure ou bien qu'il n'y a pas d'effet magnétique dû à une charge en mouvement, ou bien que le conducteur n'entraîne pas sa charge avec lui.

» Une deuxième série d'expériences fut alors faite avec un disque d'aluminium de 1^{mm} d'épaisseur, recouvert de membranes minces de caoutchouc, les couronnes de fonte n'étant garnies d'aucun diélectrique. Voici les données et résultats de cette série :

V.	σ.	N.	δ.	δ' (1).
volts	C.G.S.		mm	mm
4500	3,4	100	22,3	3,0
5100	3,8	100	25,3	2,2
5100	3,8	120	30,4	2,2

» Ce résultat pouvait avoir la même conclusion que précédemment pour l'effet magnétique, ou bien on pouvait en conclure que ni le conducteur ni le diélectrique n'entraînent dans leur mouvement la charge électrique manifestée à leur surface de séparation.

» Je fis enfin une troisième série avec un disque d'ébonite de 2^{mm} d'épaisseur, doré suivant trois secteurs parfaitement isolés les uns des autres, et recouverts d'une membrane mince de caoutchouc, les couronnes de fonte étant nues. Les données et résultats ont été :

V.	σ.	N.	δ.	δ' (1).
volts			mm	mm
4500	4	100	25,9	0
5100	4,5	100	29,4	4
5100	4,5	120	35,2	3,2

» Dans cette troisième série il est certain que chaque secteur entraîne avec lui sa charge. On a vérifié d'ailleurs expérimentalement qu'aucune charge ne passe, par suite de la rotation, d'un secteur sur l'autre.

---

(1) Les déviations δ' sont dues aux déplacements du zéro pendant la durée d'une expérience. Ces déplacements, inévitables avec un galvanomètre très sensible, sont d'ailleurs sans relation de sens avec celui attendu.

» *Il semble donc que le mouvement d'un corps électrisé ne produit pas d'effet magnétique.* »

ÉLECTRICITÉ. — *Oscillomètre balistique. — Mesure de la quantité d'électricité et de l'énergie électrique distribuées par courants continus* [1]. Note de MM. **A.** et **V. Guillet**, présentée par M. G. Lippmann.

« Une aiguille aimantée, légèrement déviée de sa position d'équilibre, oscille de part et d'autre de cette position avec la période

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{A}{MH}}. \tag{1}$$

» Dans le cas d'une pièce de fer doux mobile à l'intérieur d'une bobine fixe parcourue par un courant d'intensité convenable I, on a

$$MH = kI^2.$$

» Il en est de même si l'on substitue au fer doux une bobine excitée par le courant I.

» Dans ces deux cas, la formule (1) donne

$$IT = \text{const.}$$

» Il suffit d'enregistrer le nombre des oscillations de l'organe mobile, chassé de sa position d'équilibre dès qu'il s'y rend, pour obtenir un nombre proportionnel à la quantité d'électricité fournie par la source pendant le même temps.

« Ces dispositifs sont respectivement ceux des compteurs de M. Vernon-Boys (1882) et de M. Blondlot (1897).

» La présence d'un radical dans la formule (1) ne permet pas de compter de la même manière l'énergie fournie,

» Pour s'affranchir de cette restriction, il faut libérer l'équipage *de toute force continue* et le déplacer par impulsion.

» Soit, en effet, un cadre C, de surface S et de moment d'inertie A par rapport à l'axe de rotation ZZ', placé dans un champ magnétique dont la composante *utile* est φ. En désignant par i l'intensité du courant dans le

---

[1] Ce travail a été fait au laboratoire de M. G. Lippmann.

cadre à l'instant t et par τ la durée très petite de son développement, on a

$$A\omega_0 = S\varphi \int_0^\tau i\,dt,$$

ω_0 est la vitesse angulaire avec laquelle le cadre est chassé de l'*unique* position pour laquelle son circuit est fermé.

» Le régime variable étant défini par l'équation

$$(2) \qquad i = \frac{E - L\frac{di}{dt}}{R},$$

la vitesse angulaire de l'équipage a pour expression

$$\omega_0 = k\varphi I,$$

k étant une constante.

» L'angle α est parcouru par l'équipage dans le temps

$$\theta = \frac{\alpha}{\omega_0} = \frac{k'}{\varphi I}.$$

» Par suite,

$$(3) \qquad \varphi I \theta = \text{const.}$$

En conséquence, chaque fois que l'équipage parcourt l'angle α : 1° une même quantité d'électricité est fournie par la source si $\varphi = \text{const.}$; 2° une même quantité d'énergie est fournie par la source si φ est proportionnel à E, force électromotrice d'utilisation.

» On réalise le premier cas en produisant le champ au moyen d'un aimant et le second en produisant le champ au moyen d'une bobine placée en dérivation sur les bornes d'utilisation.

» Pour que l'équipage se maintienne en mouvement, nous l'avons constitué, dans notre modèle d'essai, par deux contours identiques ayant une extrémité commune reliée à l'un des pôles de la source. Les deux autres extrémités a, b sont disposées de part et d'autre d'un contact fixe c relié à l'autre pôle de la source. Les fils a et b prennent, alternativement, contact sur c et chaque fois l'équipage parcourt l'angle imposé α.

» Lorsque le cadre est dans le plan de symétrie, les contacts a et b sont équidistants de c.

» En enregistrant le nombre des contacts, ce qui est facile, puisque l'organe compteur peut être placé sur le fil qui relie la source au vibrateur,

on obtient un nombre proportionnel soit à l'énergie, soit à la quantité d'électricité versées par la source dans le circuit d'utilisation.

» Il est évident que l'on peut produire l'impulsion par voie d'induction. La formule de l'appareil (3) s'établit alors comme précédemment. »

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur un mode de décomposition de quelques perchlorures métalliques* (¹). Note de M. **Œchsner de Coninck.**

« En cherchant à purifier le chloroplatinate et le chloraurate d'une base organique au moyen du noir animal, j'ai été amené à faire quelques observations qui sont du domaine de la chimie minérale; je demande à l'Académie la permission de les lui communiquer.

» La décomposition du chlorure d'or, mélangé à d'autres sels métalliques, par le charbon, a été indiquée par un chimiste américain qui a pris un brevet. M. G. Kœnig (*Chemical News*, t. XLV, p. 215) a étudié le phénomène, et en a recherché les causes.

» J'ai expérimenté d'abord avec le trichlorure d'or seul. Sur un entonnoir de 8^{cm} à 10^{cm} d'ouverture, je place un filtre aux trois quarts rempli de noir animal préalablement bien lavé et desséché.

» Je jette sur ce noir animal la quantité d'eau distillée nécessaire pour l'humecter; ensuite, je fais passer une solution aqueuse étendue de chlorure d'or. La filtration a été répétée trois fois. Le filtratum essayé par H^2S n'a pas donné de précipité; avec AzO^3Ag, il y a eu précipitation de chlorure d'argent.

» Si l'on filtre la solution de chlorure d'or sur du sable fin, préalablement lavé, on ne constate aucune décomposition. La filtration sur du coke pulvérisé et renfermant encore des grains, sur du coke tamisé et en poudre extrêmement fine, ou sur de la sciure de bois, amène aussi la décomposition plus ou moins rapide de solutions étendues de trichlorure d'or. La brique pilée finit par absorber totalement, ou presque totalement, $AuCl^3$, dans les mêmes conditions.

» J'ai constaté, en outre, que le tétrachlorure de platine et le perchlorure de fer, en solutions aqueuses étendues, sont décomposés par le noir animal. Les expériences ont été menées comme pour le chlorure d'or.

» Enfin, j'ai fait un grand nombre d'expériences avec des solutions

(¹) Institut de Chimie de la Faculté des Sciences de Montpellier.

aqueuses étendues de $NiCl^2$, $CoCl^2$, $FeCl^2$, $MnCl^2$, $ZnCl^2$, $CuCl^2$, $MgCl^2$; j'ai fait varier les conditions expérimentales; j'ai pris des solutions étendues, mais de concentrations variables, j'ai augmenté la proportion de noir animal, etc.; je n'ai jamais pu constater de décomposition [1].

» *Conclusion.* — Les expériences par lesquelles il est établi que le perchlorure de fer est décomposé, tandis que le chlorure ferreux ne l'est pas, me paraissent présenter un certain intérêt, parce qu'il y aura là, peut-être, un caractère différenciel entre les perchlorures et les chlorures au minimum. C'est dans cette direction que je me propose de continuer mes recherches. »

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les conditions de stabilité du pouvoir rotatoire.* Note de M. **J.-A. Le Bel**, présentée par M. Armand Gautier.

« Il est aujourd'hui hors de doute que l'existence du pouvoir rotatoire dans un composé chimique est intimement liée à la disposition dissymétrique de radicaux différents unis à un atome central au moins tétravalent. Cette notion, que M. Van t'Hoff et moi avions appliquée au carbone en 1874, a reçu d'innombrables vérifications [2]. On a toujours reconnu que les objections reposaient sur des faits inexacts. Pour l'azote, élément pentavalent, j'ai établi en 1891 que le pouvoir rotatoire pouvait se produire dès que les cinq radicaux qui lui sont unis différaient entre eux. Enfin, MM. Pope et Peachey ont réalisé un dérivé actif de l'étain, élément tétravalent comme le carbone.

» Il est toutefois hors de doute que l'activité optique n'a pu être manifestée dans certains composés de l'azote uni à cinq radicaux différents. C'est que cette condition est nécessaire, mais non suffisante; il faut, en plus, que la forme géométrique dissymétrique soit stable, sinon le corps droit se change en corps gauche jusqu'à disparition du pouvoir rotatoire par racémisation. Il était donc nécessaire, après avoir étudié la géométrie de la molécule, d'en aborder la statique.

(1) Si l'on filtre, sur du *noir animal sec*, une solution légèrement chlorhydrique et fraîchement préparée de $SnCl^2$, ce sel est transformé en oxychlorure, qui est d'abord entraîné partiellement, puis complètement retenu par le charbon.

(2) On a compté 52 séparations d'acides organiques et 40 de bases par les trois méthodes de Pasteur; en outre, 11 corps se dédoublent par cristallisation.

» J'ai exposé en 1890 ([1]) que la stabilité de la position des radicaux se trouve le mieux réalisée quand ceux-ci arrivent à se toucher dans la molécule et, pour ainsi dire, à *se caler* entre eux. On doit donc s'attendre à voir la stabilité augmenter : 1° quand l'attraction de l'atome central rapproche plus fortement les radicaux les uns contre les autres, c'est-à-dire quand l'élément central autour duquel se groupent les radicaux jouit vis-à-vis d'eux d'une forte affinité chimique; 2° quand ces radicaux augmentent de volume.

» Il est facile de donner la preuve de ces deux conclusions en passant en revue les corps actifs connus :

» 1° On sait que les affinités chimiques du carbone sont beaucoup plus vives que celles de l'azote, aussi la condition carbone asymétrique, c'est-à-dire uni à quatre radicaux différents, est-elle non seulement nécessaire mais même suffisante à la température ambiante tandis qu'il n'en est pas de même pour l'azote où cette condition de l'asymétrie ne suffit pas toujours;

» 2° En ce qui concerne l'influence du volume des radicaux sur la stabilité nous voyons que si le carbone central est uni à de petits radicaux tels que H et OH, comme c'est le cas pour l'acide lactique $CH^3 - \underset{\displaystyle OH}{\overset{\displaystyle H}{C}} - CO^2H$, on a des corps dont le pouvoir rotatoire disparaît facilement tandis que l'acide valériauique : $CH^3 - \underset{\displaystyle C^2H^5}{\overset{\displaystyle H}{C}} - CO^2H$ se racémise bien plus difficilement.

» Étendant cette notion à l'azote j'ai pensé que, si le chlorure d'ammonium substitué

$$ClAzC^6H^{16} = Cl.Az\left\{\begin{matrix} H \\ CH^3 \\ C^2H^5 \\ C^3H^7 \end{matrix}\right.$$

n'avait pu être dédoublé en corps actifs, cela tenait au volume trop faible des radicaux et j'ai conclu que l'activité optique pourrait être mise en évidence dans les termes supérieurs de la série. C'est ce qui arrive, en effet, si l'on substitue un méthyle dans chacun des radicaux ci-dessus; le sel

([1]) *Bull. Soc. chim.*, 3e série, t. III, p. 788.

$ClAzC^{10}H^{24}$ ainsi obtenu présente non seulement l'isomérie optique mais l'isomérie chimique, en un mot il se comporte comme un corps dont les éléments conservent leurs positions relatives fixes.

» Enfin si l'on prend des radicaux encore plus élevés, comme l'ont fait récemment MM. Pope et Peachey, on obtient une base à 17 carbones, base aussi stable que les corps actifs carbonés et qui non seulement manifeste les isoméries chimiques et optiques, mais aussi dans laquelle ces dernières se conservent dans les sels doubles et dans la base libre (hydrate d'ammoniaque) tandis que, dans les corps à 10 atomes de carbone que j'ai étudiés, plusieurs de ces composés perdent leur pouvoir quand on les produit aux dépens du chlorure actif.

» On sait que les radicaux, qui se groupent autour de l'atome central, développent, en se rapprochant, un certain nombre de calories qui se confondent, dans les mesures thermiques, avec la chaleur due à leur affinité pour cet atome; celle-ci n'est donc pas seule en jeu et suivant que les radicaux sont de nature à s'attirer plus vivement, cette force exercera une perturbation plus grande. On peut donc s'attendre à voir l'équilibre dérangé si l'on introduit dans la molécule un radical nouveau possédant des affinités plus puissantes ou notablement différentes de celui qu'il remplace.

» Je viens de rappeler combien l'alcool amylique jouit d'un pouvoir solide. J'avais observé, dans le temps, que l'on n'arrive à le faire disparaître qu'en chauffant à 250° cet alcool sodé. J'ai depuis étudié l'action du sodium à des températures plus basses :

» Dans un alcool donnant dans le tube de 22^{cm} une rotation de $-8°48'$ j'ai introduit 2 pour 100 de sodium en refroidissant avec soin; par l'effet de la réaction, il y a eu perte de pouvoir, car le même alcool régénéré en distillant avec une grande masse d'eau, puis séché sur le carbonate de potasse, ne marquait plus que $-8°19'$; c'est à ce chiffre qu'il faut comparer ceux fournis par des portions chauffées en vases scellés durant quarante-huit heures :

Alcool non chauffé		$-8°.19'$
» chauffé à	50°	$-8.\ 1$
» »	100°	$-4.\ 8$
» »	150°	-0.47
» »	200°	0

» Un exemple du même ordre a été donné par M. Walden. En remplaçant dans l'acide malique $CO^2H - CH^2 - H.C.OH - CO^2H$ l'oxhydrile combiné au carbone asymétrique par le brome, il a obtenu l'acide bromo-succinique

$$CO^2H - CH^2 - H.C.Br - CO^2H,$$

lequel perd son pouvoir spontanément à la température du laboratoire.

« Dans ces deux exemples, la masse, unie au carbone asymétrique, avait pourtant été notablement augmentée, et cependant les radicaux ont permuté entre eux : ce n'est donc pas l'inertie qui les fait tenir en place.

» J'ai voulu comparer la vitesse de racémisation de ces corps carbonés avec celle d'un corps renfermant de l'azote asymétrique, et j'ai chauffé à diverses températures pendant une heure quarante-cinq minutes le chlorure de la base ammoniacale dont j'ai parlé plus haut ($ClAzC^{10}H^{24}$) à des températures variables; les résultats ont été les suivants :

Chlorure initial ($0^m,50$).........	$-2°33'$
Chauffé à 50°....................	$-2°28'$
Le même, chauffé à 100°.........	$-2°20'$

» L'expérience n'a pu être poussée plus loin, parce que le liquide se colore; elle suffit pour montrer que l'instabilité de ce composé est comparable à celle de l'alcool amylique sodé.

» En résumé, si, au lieu d'opérer avec ces corps à la température habituelle, on opérait au voisinage de 100°, on verrait que quatre radicaux différents unis au carbone seraient nécessaires, mais non plus suffisants, pour faire apparaître le pouvoir rotatoire dans l'alcool amylique sodé et dans l'acide bromosuccinique, parce que ces corps se racémisent et présentent dans ces conditions, à la façon des corps azotés actifs, une remarquable instabilité. D'autre part, à la condition de ne pas introduire d'atomes d'une espèce nouvelle, on augmente toujours la stabilité en augmentant le volume des radicaux. »

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les dihydroxylates.* Note de M. DE FORCRAND.

« I. J'ai fait agir l'eau oxygénée étendue ($H^2O^2 = 8^{lit}$) sur les bases alcalines dissoutes ($1^{mol} = 2^{lit}$), vers + 15° :

Soude.

	Cal	Différence.
$H^2O^2 + 3NaOH$	+ 5,829	
		+0,008
$H^2O^2 + 2NaOH$	+ 5,821	
		+4,845
$2H^2O^2 + 2NaOH$	+10,666	
		+0,809
$3H^2O^2 + 2NaOH$	+11,575	
		+0,617
$4H^2O^2 + 2NaOH$	+12,192	
		+0,504
$6H^2O^2 + 2NaOH$	+12,696	

Potasse.

		Différences.
$H^2O^2 + 2KOH$	$+ 6,123$	$+4,510$
$2H^2O^2 + 2KOH$	$+10,633$	$+0,491$
$3H^2O^2 + 2KOH$	$+11,124$	

Lithine.

$H^2O^2 + 2LiOH$	$+ 6,533$	$+4,826$
$2H^2O^2 + 2LiOH$	$+10,359$	$+0,005$
$3H^2O^2 + 2LiOH$	$+10,364$	

Ammoniaque.

$H^2O^2 + 2AzH^4OH$	$+ 0,589$	$+0,464$
$2H^2O^2 + 2AzH^4OH$	$+ 1,053$	

Monométhylamine.

$H^2O^2 + 2CH^5Az$	$+ 2,584$	$+1,464$
$2H^2O^2 + 2CH^5Az$	$+ 4,048$	

» L'*aniline* (2 mol. = 8^{lit}) ne donne pas de réaction immédiatement ni avec H^2O^2, ni avec $2H^2O^2$, mais le liquide se colore en brun au bout de quelques heures, sans dégagement de gaz.

» Ces quelques nombres donnent lieu aux remarques suivantes :

» 1° Tandis qu'un excès de base (NaOH), ajouté au système

$$(H^2O^2 + 2NaOH),$$

ne dégage pas de chaleur, un excès de H^2O^2 produit un effet thermique appréciable, soit pour former d'abord $2H^2O^2 + 2NaOH$, soit

$$H^2O^2 + NaOH,$$

ce qui est naturel (¹), soit même au delà, du moins pour la soude et la potasse. La lithine, au contraire, n'est plus sensible à l'action de cet excès de H^2O^2 à partir du système $H^2O^2 + LiOH$. Les deux bases alcalines NaOH et KOH donneraient donc des sels acides assez stables en dissolution.

(¹) Probablement les composés Na^2O^2, H^2O^2, K^2O^2, H^2O^2, Li^2O^2, H^2O^2 analogues aux combinaisons CaO^2, H^2O^2 et BaO^2, H^2O^2 qui ont aussi une certaine stabilité à l'état dissous.

» 2° L'ammoniaque fournit des nombres extrêmement faibles, ses sels se dissociant presque complètement, tandis que la monométhylamine, qui est ordinairement à peine plus basique que l'ammoniaque, fournit des sels plus stables. Il est remarquable aussi que l'aniline soit sans action, du moins immédiatement. D'ailleurs, les sels formés par ces bases azotées et l'eau oxygénée pourraient être considérés comme les hydrates de l'hydroxylamine, des hydrazines et de l'hydrazobenzol, de sorte que la réaction ne serait pas une simple neutralisation.

» II. Dans tous les cas, les résultats précédents peuvent être mis sous la forme suivante :

				Moyenne.
Soude	$H^2O^2 + NaOH$	$= NaO - OH$	+5,333	+2,910
	$NaO - OH + NaOH$	$= NaO - ONa$	+0,488	
Potasse	$H^2O^2 + KOH$	$= KO - OH$	+5,316	+3,061
	$CO - OH + KOH$	$= KO - OK$	+0,807	
Lithine	$H^2O^2 + LiOH$	$= LiO - OH$	+5,680	+3,267
	$LiO - OH + LiOH$	$= LiO - OLi$	+0,853	
Ammoniaque	$H^2O^2 + AzH^4OH$	$= AzH^4O - OH$	+0,527	+0,294
	$AzH^4O - OH + AzH^4OH$	$= AzH^4O - OAzH^4$	+0,062	
Monométhylamine.	$H^2O^2 + CH^5Az$	$= CH^5AzOH - OH$	+2,024	+1,292
	$CH^5AzOH - OH + CH^5Az$	$= CH^5AzOH - OHCH^5Az$	+0,560	

nombres auxquels on peut joindre ceux que j'ai déjà publiés pour la chaux et la baryte :

				Moyenne.
Chaux : $CaO = 25^{lit}$	$H^2O^2 + \frac{CaO}{2}$	$= \frac{Ca}{2}O - OH$	+3,710	+1,980
	$\frac{Ca}{2}O - OH + \frac{CaO}{2}$	$= CaO^2$	+0,250	
Baryte : $BaO = 6^{lit}$	$H^2O^2 + \frac{BaO}{2}$	$= \frac{Ba}{2}O - OH$	+3,900	+2,175
	$\frac{Ba}{2}O - OH + \frac{BaO}{2}$	$= BaO^2$	+0,450	

» Sous cette forme, l'on a immédiatement la chaleur de neutralisation successive et moyenne, par les différentes bases solubles des deux fonctions de l'eau oxygénée, ce qui conduit aux considérations qui suivent :

» 1° Ces nombres sont faibles, étant compris entre ceux que donne le glycol (+ 0,28 et + 0,12, moyenne + 0,20 pour la soude), et ceux des diphénols (+ 6,3 et + 1,4, moyenne + 3,85 pour la pyrocatéchine). L'analogie apparaît en particulier entre l'eau oxygénée et la pyrocatéchine,

soit pour la valeur absolue des nombres de neutralisation, soit pour l'inégalité des deux valeurs mesurées successivement. Dans l'un comme dans l'autre composé, les deux fonctions OH sont voisines, tandis que les deux autres diphénols isomères donnent des chaleurs de neutralisation successives presque identiques.

» 2° Un autre fait qui rapproche l'eau oxygénée des phénols en général est la faible chaleur de neutralisation par l'ammoniaque.

3° Si l'on admet que la chaleur de dissolution et la chaleur de fusion de l'eau oxygénée sont sensiblement nulles, en vue d'une première approximation, on peut calculer la valeur thermique de la réaction

$$H^2O^2 \text{ sol.} + Na^2 \text{ sol.} = H \text{ gaz} + Na^2O^2 \text{ sol.},$$

car nous connaissons la chaleur de dissolution de Na^2O^2 dans 2HCl dissous (+ 41,81), la chaleur de neutralisation de la soude par HCl dissous (+ 13,70), et la valeur de la réaction Na^2 + Aq [+ 84,80 (1) d'après M. Joannis].

» Le calcul donne alors :

$$H^2O^2 \text{ sol.} + Na^2 \text{ sol.} = H \text{ gaz} + Na^2O^2 \text{ sol} \ldots\ldots\ldots\ldots \quad + 70^{Cal},39$$

soit, pour la valeur acide moyenne de chacun des hydroxyles de l'eau oxygénée solide : $+ 35^{Cal},19$.

» Ce nombre est précisément intermédiaire entre celui de l'eau $+ 31^{Cal},19$ et celui de la pyrocatéchine $+ 38^{Cal},34$, comme le faisait déjà supposer la comparaison des chaleurs de neutralisation. Il est vrai que j'ai négligé dans ce calcul à la fois la chaleur de fusion et la chaleur de dissolution de l'eau oxygénée, données actuellement inconnues. Il est probable que cette double correction aurait pour effet de diminuer le nombre $+ 35^{Cal},19$ de 1^{Cal} à $1^{Cal},5$, ce qui fournirait une valeur voisine de $+ 34^{Cal}$ pour l'acidité de OH. »

---

(1) En adoptant définitivement cette valeur (voir *Comptes rendus*, t. CXXVIII, p. 1520), on doit retrancher $0^{Cal},68$ de tous les nombres que j'ai publiés depuis dix-huit ans pour exprimer la valeur acide des différents composés.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Hydrogénation de l'acétylène en présence du cuivre.* Note de MM. **Paul Sabatier** et **J.-B. Senderens.**

« On sait que M. Berthelot a depuis longtemps déjà réalisé l'hydrogénation de l'acétylène en chauffant le mélange des deux gaz à une température inférieure au ramollissement du verre : la réaction obtenue est limitée et conduit à des équilibres définis plus ou moins complexes.

» Dans une Note publiée l'année dernière (*Comptes rendus,* t. CXXVIII, p. 1173), nous avons indiqué que le nickel réduit réalise dès la température ordinaire la combinaison de l'hydrogène et de l'acétylène : à côté des gaz obtenus qui sont surtout forméniques on recueille des produits liquides, de constitution analogue à celle de certains pétroles naturels.

» D'autre part nous avons fait connaître (*Société chimique,* séance du 12 mai 1899, puis *Comptes rendus*, t. CXXX, p. 250) que l'acétylène, dirigé sur du cuivre métallique au-dessus de 180°, subit une condensation rapide : le produit principal est un hydrocarbure solide très condensé, le *cuprène*, dont la formation avait été, il y a quelques années, entrevue par Erdmann et Köthner, qui l'avaient considéré comme un composé organométallique du cuivre (*Zeitsch. für anorg. Chemie*, t. XVIII, p. 48).

» En présence d'hydrogène, le phénomène change de nature.

» 1. Sur du cuivre récemment réduit par l'hydrogène et refroidi dans ce gaz, on dirige un mélange convenablement réglé d'acétylène et d'hydrogène en excès. A froid on n'observe aucune réaction permanente. Mais avec du cuivre très léger d'aspect violacé, obtenu en réduisant lentement par l'hydrogène au-dessous de 200° de l'hydrate cuivrique noir, la combinaison commence nettement vers 130° : il y a dégagement notable de chaleur, et la vitesse du gaz qui sort du tube est ralentie beaucoup, sans que l'aspect du cuivre soit sensiblement modifié.

» Citons une expérience (¹) :

Vitesse de l'hydrogène..................	93^{cc}	par minute.
Vitesse de l'acétylène....................	26	»
Somme des gaz qui arrivent.............	119	par minute.
Vitesse du gaz qui sort..................	69	»

» La diminution de volume est de 50^{cc}, soit près de deux fois celui de l'acétylène.

(¹) Le cuivre occupait dans le tube une longueur d'environ 35^{cm}.

» Le gaz dégagé renferme :

Acétylène	Traces (non dosables)
Carbures éthyléniques supérieurs	2,7
Éthylène	1,1
Éthane	17,8
Hydrogène	47,4
Total	69,0

» La réaction serait donc formulée :

$$93H^2 + 26C^2H^2 = 47,4H^2 + 17,8C^2H^6 + 1,1C^2H^4 + 2,7C^nH^{2n}.$$

En comptant comme propylène, ce qui n'est certainement pas tout à fait exact, les carbures éthyléniques supérieurs absorbables immédiatement par l'acide sulfurique, on voit qu'il manquerait au second membre de l'équation $6C + 13,8H$, qui représentent la matière effectivement condensée dans les parties froides du tube sous forme de liquides incolores, forméniques et surtout éthyléniques.

» Avec du cuivre plus compact, préparé en réduisant rapidement par l'hydrogène (avec incandescence) de l'oxyde anhydre, la réaction ne se produit nettement qu'à partir de 180°, et se poursuit dès lors dans des conditions identiques.

» 2. Si l'on accroît dans le mélange la proportion d'acétylène, tout en la maintenant inférieure à celle de l'hydrogène, on constate que, dans les gaz obtenus, la dose d'éthane diminue, celle des carbures éthyléniques augmente. Dans une expérience effectuée à 170° sur un mélange de 2 volumes d'hydrogène avec 1 volume d'acétylène, on a obtenu un gaz qui contenait pour 100 :

Acétylène	Traces (non dosables)
Carbures éthyléniques supérieurs	15,0
Éthylène	13,4
Éthane	12,9
Hydrogène	58,7

» Les produits liquides sont plus abondants et coutiennent une faible proportion de benzine.

» 3. En augmentant encore davantage la proportion d'acétylène, on voit s'introduire nettement l'action spéciale du cuivre sur l'acétylène. Le cuivre commence à foisonner avec formation de cuprène : le ralentissement du gaz est plus marqué parce que la plus grande partie de l'acétylène se transforme en produits liquides ou solides. C'est ce qui avait lieu dans l'expérience suivante effectuée à 150° avec des volumes à peu près égaux des deux gaz :

Vitesse de l'hydrogène	210^cc	en dix minutes
Vitesse de l'acétylène	190	»
Somme des gaz à l'arrivée	400	en dix minutes
Vitesse du gaz qui sort	120	»

qui contiennent :

	cc
Acétylène	2,4
Carbures éthyléniques supérieurs (¹)	18,4
Éthylène	33,1
Éthane	2,0
Hydrogène	64,1

» Le système initial, savoir 210 H^2 + 190 C^2H^2, a fourni, à côté de 120 molécules de gaz, une grande quantité de produits condensés, qui correspondent à 250 C + 412 H, et qui, pour plus des deux tiers, sont formés de carbures éthyléniques et aromatiques liquides verdâtres, et, pour le reste, de cuprène solide.

» On voit que, malgré la lenteur du courant gazeux et la longueur de la colonne de cuivre, beaucoup d'hydrogène est demeuré inutilisé, en présence de proportions importantes de carbures éthyléniques. La dose d'éthane, qui est très faible dans ce cas à 150°, devient bien plus importante aux températures supérieures à 200°, ce qui paraît indiquer qu'au-dessus de cette dernière température le cuivre est capable de réaliser l'hydrogénation des carbures éthyléniques. C'est en effet ce qui a lieu, ainsi que nous aurons l'honneur de l'indiquer dans une prochaine Communication. »

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur des combinaisons organo-métalliques cuivreuses et mercureuses de la diphénylcarbazone.* Note de M. P. **Cazeneuve**, présentée par M. Armand Gautier.

« Dans une Note précédente, j'ai appelé l'attention de l'Académie sur des dérivés métalliques de la diphénylcarbazone correspondant à la formule générale $CO\genfrac{}{}{0pt}{}{\diagup AzM'-AzH-C^6H^5}{\diagdown Az=Az-C^6H^5}$.

» En se plaçant dans certaines conditions, on peut également obtenir les dérivés cuivreux et mercureux correspondant aux formules

$$CO\genfrac{}{}{0pt}{}{\diagup Az\underbrace{Cu-Az}Cu-C^6H^5}{\diagdown Az=Az-C^6H^5} \quad \text{et} \quad CO\genfrac{}{}{0pt}{}{\diagup Az\underbrace{Hg-Az}Hg-C^6H^5}{\diagdown Az=Az-C^6H^5},$$

lesquels perdent assez facilement leur métal en se transformant en carbo-

(¹) La vapeur de benzine est comprise dans cette valeur.

diazide, $CO\langle\begin{smallmatrix}Az = Az - C^6H^5\\ Az = Az - C^6H^5\end{smallmatrix}$, corps qui n'avait pas encore été isolé. E. Fischer a seulement signalé la sulfocarbodiazine $CS\langle\begin{smallmatrix}Az = Az - C^6H^5\\ Az = Az - C^6H^5\end{smallmatrix}$.

» A. *Diphénylcarbazone cuivreuse.* — Elle se prépare en versant une molécule de diphénylcarbazide symétrique en solution alcoolique dans une solution aqueuse de deux molécules d'acétate de cuivre. Le précipité d'aspect violet foncé, à reflets mordorés, est recueilli sur un filtre, puis lavé rapidement à l'eau distillée glacée et desséché dans le vide. Même au-dessous de 100° à l'étuve, il se décompose avec explosion.

» Le cuivre dosé par voie électrolytique et l'azote par un Kjedhal, vu l'impossibilité de comburer ce corps par les méthodes ordinaires, correspondent à la formule :

$$CO\langle\begin{matrix}Az\,Cu - Az\,Cu\,C^6H^5\\ Az = Az - C^6H^5.\end{matrix}$$

» Ce corps se forme d'après l'équation :

$$CO\langle\begin{matrix}AzH - AzH - C^6H^5\\ AzH - AzH - C^6H^5\end{matrix} + 2[(C^2H^3O^2)^2Cu]$$
$$= CO\langle\begin{matrix}Az\,Cu - Az\,Cu - C^6H^5\\ Az = Az\,C^6H^5\end{matrix} + 4C^2H^4O^2.$$

» Cette diphénylcarbazone cuivreuse est insoluble dans l'eau, soluble dans l'alcool, l'éther, la benzine, le sulfure de carbone, mais surtout dans le chloroforme. Cette solution chloroformique violette éclatante s'altère spontanément, surtout avec le concours d'un peu d'alcool. Il se dépose du chlorure cuivreux en même temps qu'il se forme de la carbodiazide signalée plus haut. En évaporant à siccité la solution chloroformique devenue verdâtre, puis reprenant par de l'eau distillée chaude, on sépare la carbodiazide cristallisée, qu'on purifie par cristallisation au sein de l'alcool.

» J'ai remarqué que cette diphénylcarbazone cuivreuse s'altère spontanément avec le temps au contact de l'air et de l'humidité. Elle devient partiellement insoluble dans ses dissolvants habituels auxquels elle donne, non plus une teinte violacée, mais une teinte verdâtre.

» Elle s'attaque violemment par l'acide azotique. Au contact des acides sulfurique et chlorhydrique concentrés à froid, elle subit un dédoublement intéressant dont je poursuis l'étude.

» La diphénylcarbazide, dissoute dans l'alcool, en raison de la production de cette diphénylcarbazone cuivreuse d'une coloration violette intense, est un réactif très sensible des sels cuivriques qui dépasse la sensibilité du ferrocyanure de potassium. Toutefois, il est indispensable d'opérer en milieu neutre.

» B. *Diphénylcarbazone mercureuse.* — La diphénylcarbazide donne avec l'acétate mercurique un dérivé mercureux analogue au dérivé cuivreux. On le prépare en versant une solution alcoolique de diphénylcarbazide (12^{gr} dans 500^{gr} d'alcool à 93°)

dans une solution aqueuse de $31^{gr},8$ d'acétate mercurique en 2^{lit} d'eau distillée. Il se forme un précipité bleu intense qui reste partiellement en solution à la faveur de l'acide acétique libre. Quelques gouttes de soude rassemblent le précipité qui est lavé, recueilli et séché dans le vide. Il correspond à la formule :

$$CO\begin{cases} Az\overline{Hg - Az\,Hg} - C^6H^5 \\ Az = Az.C^6H^5 \end{cases}$$

et se forme en vertu d'une équation semblable à celle du dérivé cuivreux.

» Ce dérivé mercureux est plus stable que le dérivé cuivreux; il est moins oxydable et fait explosion à une température beaucoup plus élevée. Il est insoluble dans l'eau, mais se dissout en bleu dans l'alcool, l'éther, la benzine. Il se dissout très bien dans le chloroforme; cette solution est moins altérable que celle du composé cuivreux. Au sein de la benzine, le corps s'altère; peu à peu la solution jaunit; il se forme de la carbodiazide.

» La diphénylcarbazide est un réactif extrêmement sensible des sels de mercure à acides organiques et du nitrate de mercure; elle développe dans les solutions neutres une coloration bleue intense visible pour une dilution au $\frac{1}{100000}$.

» Les composés mercuriels à éléments halogènes, tels que $HgCl^2$, $HgCy^2$, HgI^2, etc., ne donnent pas le dérivé mercureux bleu.

» Un autre caractère curieux est l'attaque, à la température de 170° à 200°, du mercure métallique par la diphénylcarbazide qui donne un composé bleu violacé, soluble dans le chloroforme en violet, sans doute ce même dérivé mercureux décomposable seulement au delà de 200°. »

CHIMIE ORGANIQUE. — *De l'Acidimétrie*. Note de M. A. Astruc.

« Pour continuer mes recherches déjà effectuées sur l'acidimétrie, j'ai étudié la façon de se comporter de quelques acides organiques à fonction spéciale, vis-à-vis de certains réactifs indicateurs.

» *Acide iséthionique*. — Cet acide à fonctions sulfonique et alcool, est monobasique à la phtaléine du phénol, au tournesol, au tournesol orcine, à l'aide rosolique, au bleu Poirrier.

» En présence d'hélianthine A, il vire lorsque, pour une molécule d'acide, on a ajouté $0^{mol},93$ à $0^{mol},95$ d'alcali; il se conduit donc comme acide fort, très sensiblement monobasique.

» *Acide sulfanilique*. — Ce corps, quoique possédant un groupement ammoniacal AzH^2, est encore monobasique aux réactifs indicateurs ci-dessus, même à l'hélianthine.

» Je ferai d'abord remarquer que l'acide sulfanilique possède une acidité à l'hélianthine bien supérieure à celle des acides aminobenzoïques, lesquels ne diffèrent du premier que par le remplacement de SO^3H par CO^2H.

» Si l'on se rappelle que, d'une façon générale, les acides organiques ne peuvent être titrés exactement en présence de méthylorange, réactif caractéristique des acides forts, on est autorisé à conclure que le groupement SO^3H imprime à un radical gras (acide iséthionique) ou aromatique (acide sulfanilique) une énergie chimique acide plus forte que le carboxyle CO^2H.

» *Acide méconique.* — Les chaleurs de neutralisation de l'acide méconique par la soude ont été déterminées par M. Berthelot. Elles montrent, en particulier, que l'oxhydrile phénolique produit encore, en présence d'alcali, un dégagement de chaleur sensible ($8^{Cal},7$) comparable à celui observé par MM. Berthelot et Louguinine pour la troisième fonction acide de l'acide phosphorique.

» Ces deux groupes de fonctions acide de l'acide méconique, ainsi entrevues, reçoivent confirmation des expériences acidimétriques.

» Vis-à-vis de la plupart des réactifs colorants, l'acide méconique se conduit comme bibasique. L'hélianthine A indique encore la bibasicité. Mais si l'on opère en présence de bleu Poirrier, réactif sensible aux acides faibles, l'on observe le virage après addition de trois molécules de base pour une molécule d'acide.

» L'acide méconique possède donc deux fonctions acide fort et une troisième fonction acide faible, comparable à la fonction phénol.

» *Acide mellique.* — Cet acide que le commerce livre souvent assez impur, contenant généralement une certaine quantité de mellate d'ammoniaque, a été purifié par transformation en sel de plomb, et décomposition de ce dernier par l'hydrogène sulfuré.

» Les chaleurs de neutralisation ont permis à M. Berthelot d'émettre l'idée que, dans cet acide hexabasique, trois fonctions acides jouent un rôle un peu différent des trois autres.

» Et en réalité, l'acidimétrie à l'hélianthine A effectuée, sur ce corps purifié, décèle simplement la tribasicité, alors que l'hexabasicité est indiquée par les autres colorants.

» Vu le nombre d'expériences antérieures que j'ai déjà signalées au moyen des réactifs colorants, ces résultats acidimétriques recevraient, selon toutes les probabilités, confirmation complète des déterminations des chaleurs de formation des sels solides à partir de tous les éléments solides. »

ZOOLOGIE. — *Sur une nouvelle espèce d'Isopode souterrain, le* Cæcosphæroma Faucheri. Note de MM. **Adrien Dollfus** et **Armand Viré**, présentée par M. Edmond Perrier.

» Nous avons reçu de M. Paul Faucher, de Sauve (Gard), un Isopode souterrain qui vient s'ajouter aux quatre espèces de Sphæromiens des eaux souterraines actuellement connus.

» Les plateaux qui entourent le village de Sauve sont formés de grandes couches de calcaire néocomien extrêmement fissurées dans tous les sens. Les fissures sont parcourues par des ruisselets souterrains de faibles dimensions, mais très enchevêtrées, ainsi que par de véritables rivières souterraines, qui viennent alimenter les puits creusés de main d'homme.

» C'est dans un de ces puits que M. Faucher a récolté les exemplaires qui constituent cette nouvelle espèce, mélangée à de nombreux *Niphargus* qui paraissent s'éloigner notablement du type normal du *N. puteanus*.

» Ces Sphæromiens présentent au plus haut degré les modifications sensorielles que l'on constate d'habitude chez les animaux cavernicoles.

» Les antennes et les pattes portent de nombreux poils tactiles, assez allongés; les antennes supérieures présentent quatre *lamelles olfactives* extraordinairement développées; c'est le terme extrême jusqu'ici constaté de l'allongement de ces organes chez les Isopodes; elles ont trois fois la longueur de l'article qui les porte. Nous n'avons point constaté la présence des *poils auditifs* trouvés dans les autres espèces.

» Il existe, par contre, sur toute la surface du corps, aussi bien sur la carapace que sur les pattes, de petites soies tactiles, en nombre restreint, que nous n'avons pas trouvées chez les autres espèces.

» La cécité est absolue.

» Remarquons enfin, sans trop vouloir y insister encore cette fois, que cette espèce a été capturée au voisinage des bords de l'ancien golfe tertiaire du Rhône comme les trois autres espèces de Sphæromiens souterrains d'eau douce que l'on connaît en France.

» Il est à souhaiter que les trouvailles de cette nature se multiplient, car elles nous font connaître un groupe d'êtres qui n'étaient pas soupçonnés naguère dans les eaux douces, et nous apportent des données zoologiques absolument nouvelles.

» Voici la description de cette nouvelle espèce :

» Corps médiocre, peu convexe, muni de très petits poils espacés. Cephalon arrondi antérieurement, épistome très réduit, scutiforme; clypeus (métépistome) bien développé, à parties latérales peu prononcées; labre grand; yeux nuls; antennes très rapprochées, celles de la première paire à tige 3-articulée et fouet 5-articulé, les quatre premiers articles du fouet étant munis de lamelles olfactives très développées; antennes de la deuxième paire, un peu plus longues, que celles de la première paire; à tige 4-articulée et fouet 7-articulé; marcillipède à palpe grand, 4-articulé; mandibules à palpe 3-articulé. *Pereion :* parties coxales (épimères) non distinctes sur le premier segment qui est très développé; elles sont petites, mais nettement séparées du somite sur les deux segments suivants et beaucoup plus développées sur les quatre

derniers segments. *Pleon, telson :* Coalescence presque complète des segments pléonaux avec le telson; les parties latérales des deux premiers segments pléonaux sont seuls distincts et dirigés obliquement. Pléopodes très petits. Uropodes à base très développée, s'emboîtant exactement contre les côtés du pléotelson, munis d'un exopodite et d'un endopodite rudimentaires, l'un couvrant l'autre.

» Rappelons que dans *Cæcosphæroma burgundum* et *Virei*, la coalescence des parties du pléon et des uropodes avec le telson est plus complète encore; toutefois l'ensemble des caractères rattache bien cette nouvelle espèce au genre *Cæcosphæroma*. »

ZOOLOGIE. — *Les Grégarines et l'épithélium intestinal.* Note de MM. **L. Léger** et **O. Duboscq**, présentée par M. de Lacaze-Duthiers.

« Butschli, dans ses expériences sur les Clepsidrines des Blattes, montra que les plus jeunes grégarines sont incluses dans les cellules épithéliales seulement par leur partie antérieure. Mais, depuis les travaux de Schneider, on admet un stade complètement intracellulaire chez les grégarines intestinales. L'évolution des grégarines cœlomiques est encore hypothétique. Schneider, Léger, Racovitza et Labbé croient au passage direct du sporozoïte dans le cœlome. Par contre, Cuénot décrit pour la grégarine du Grillon domestique un premier stade intracellulaire dans l'épithélium intestinal, tandis que Caullery et Mesnil trouvent, chez *Gonospora longissima*, non seulement un stade intraépithélial, mais encore une multiplication endogène précédant la migration cœlomique.

» En présence de ces divergences d'opinion, nous avons repris la question en nous adressant particulièrement, pour des raisons de technique, à la grégarine de l'Anthrène, polycystidée intestinale et à la grégarine du Grillon domestique, monocystidée cœlomique.

» La larve d'*Anthrenus museorum* L. renferme dans son intestin une Pyxinia qui a été vue par Möbusz. Nous l'appellerons *Pyxinia Möbuszi*. La grégarine est si abondante et l'infection si continuelle qu'on trouve dans l'intestin tous les premiers stades de l'évolution.

» Les sporocystes biconiques, aplatis aux deux pôles, s'ouvrent par un orifice polaire pour livrer passage aux sporozoïtes. A l'éclosion, ceux-ci sont très effilés et acuminés aux deux extrémités. Puis ils deviennent piriformes et leur portion antérieure se différencie en un petit appendice très mobile. Dès ces premiers stades on trouve les jeunes parasites fixés entre

les cils du plateau; mais il nous a paru qu'ils pouvaient, pendant un certain temps, se détacher d'une cellule pour redevenir libres et se fixer à une autre. Quoi qu'il en soit, l'appendice seul est intracellulaire. La grégarine grossit; son corps, toujours en dehors de la cellule, devient ovoïde et une première constriction se produit, indice du septum. En même temps l'appendice s'accroît. Dans une grégarine développée, il est devenu un épimérite dont une première portion rétrécie, le col, traverse les cils et le plateau, et dont la deuxième portion est une longue pointe, renflée à la base et traversant la cellule dans toute sa hauteur. Cette disposition persiste jusqu'à ce que la grégarine devenue adulte passe à l'état de sporadin. Ainsi, à aucun moment, il n'existe de stade intracellulaire et Möbusz, qui en représente, a interprété comme tel des figures de sécrétion. Ces figures sont des sphères hyalines, incluses dans les cellules et contenant soit les particules de chromatine émises par les noyaux en chromatolyse, soit les noyaux entiers en dégénérescence. On les confond avec des parasites parce que les cellules où elles sont incluses montrent souvent, en outre, un noyau normal. Nous avons rencontré constamment ces inclusions simulant des sporozoaires, dans de nombreux insectes infestés ou non, et notamment chez les Phryganes et chez les Grillons.

» Chez *Gyryllus domesticus* L. Cuénot a fait connaître une monocystidée cœlomique, *Diplocystis major*, dont il décrit ainsi le début de l'évolution : « Les sporozoïtes s'installent dans l'épithélium de l'intestin moyen. Là, le » parasite grossit jusqu'à 30$^{\mu}$ de diamètre, puis passe peu à peu dans la » couche conjonctive de l'intestin et tombe finalement dans le cœlome, ab» solument libre. » Nos recherches ne nous permettent pas d'accepter cette manière de voir. Nous avons infesté artificiellement de nombreux Grillons, pris à Grenoble, où ils sont toujours indemnes, avec les sporocystes de Grillons de Langeais (Touraine), et nous avons suivi jour par jour l'évolution du parasite.

» Sous l'influence du suc gastrique, les sporocystes s'ouvrent en deux valves et les sporozoïtes, longs vermicules terminés par un prolongement styliforme, s'engagent dans l'épithélium intestinal, le traversent sans s'y arrêter et gagnent de suite la couche conjonctive sous-épithéliale. Dès les premiers jours qui suivent l'infection, on les trouve là, toujours situés sous les bouquets de cellules mûres, c'est-à-dire dans les intervalles qui séparent les cryptes de régénération. Les parasites ont pris une forme ovoïde et ne mesurent que 4$^{\mu}$ de longueur. Le cytoplasme très réduit est déjà pourvu d'une membrane. Le noyau a 3$^{\mu}$ et montre un karyosome central.

Ils croissent alors rapidement. Le dixième jour ils ont 20^{μ}; le quinzième jour 30^{μ} et dès ce moment ils peuvent tomber dans le cœlome. Mais ils n'y tombent pas forcément, car après une infection de quarante-cinq jours, nous avons rencontré des grégarines de 130^{μ} encore emprisonnées dans la tunique conjonctive de l'intestin. Quant à celles qui ont suivi leur évolution normale en gagnant de bonne heure le cœlome, elles atteignent au bout de deux mois une taille de 300^{μ} environ. Donc, *Diplocystis major*, monocystidée cœlomique, et *Pixinia Möbuszi*, polycystidée intestinale, n'ont pas de stade intracellulaire dans l'épithélium intestinal.

» Existe-t-il des polycystidées présentant un stade intracellulaire? On ne saurait nier *a priori* les nombreuses observations de Schneider. D'ailleurs, nous connaissons une grégarine dans *Polyxenus lagurus* L., qui vit entièrement plongée dans l'épithélium intestinal. Ce cas, il est vrai, est très particulier, car l'épithélium intestinal de *Polyxenus* est entièrement syncytial comme celui des Isopodes.

» Nous croyons donc qu'un stade intracellulaire est plutôt exceptionnel chez les grégarines. La plupart des auteurs et même l'un de nous ont dû interpréter comme parasites les figures de sécrétion. Il ne faut pas confondre non plus le stade intracellulaire avec la situation intracellulaire de certaines grégarines qui, fixées à la basale, se développent entre les cellules épithéliales qu'elles écartent en prenant rang et place parmi elles. Tels sont, par exemple, les *Stenocephalus* des Chilognathes. Cette fois, ce ne sont plus des cellules en dégénérescence qui simulent des parasites, ce sont des parasites qui simulent des cellules. Visart, dans son travail récent sur l'intestin des Chilognathes, a pris ainsi les *Stenocephalus* pour des cellules muqueuses. »

PALÉONTOLOGIE. — *Sur les fossiles recueillis par M. Villiaume dans les couches charbonneuses des environs de Nossi-Bé.* Note de M. **H. Douvillé**, présentée par M. Michel-Lévy.

« M. Villiaume, garde principal d'artillerie de marine, a été chargé par le Gouverneur général de Madagascar d'explorer les gisements de combustible signalés depuis longtemps sur les bords de la baie de Passandava et dans l'île de Nossi-Bé; il a envoyé à l'École Nationale des Mines les échantillons recueillis par lui, et le Ministère des Colonies nous a communiqué, comme complément à cet envoi, les cartes et coupes qu'il a dressées et le rapport qui les accompagnait.

» De cet ensemble de documents il nous paraît résulter que dans toute cette région le sol est constitué par des alternances de grès et de schistes en couches peu inclinées et présentant un plongement général vers le sud-est. On peut ainsi distinguer trois systèmes de couches qui se succèdent assez régulièrement du nord-ouest au sud-est :

» Un système *inférieur* formé principalement de grès blanchâtre, un système *moyen* caractérisé par des schistes tendres, noirs, tachant les doigts, présentant des fossiles marins, tandis que des lits minces intercalés sont riches en empreintes végétales, et un système *supérieur* dans lequel se développent des couches de calcaire dur, noirâtre, fossilifère.

» Le système *moyen* a fourni près d'Ambaritelo une faune assez riche, dont l'âge liasique a été bien indiqué par M. Villiaume; nous avons pu y reconnaître trois espèces d'Ammonites très voisines des formes qui en France caractérisent le Lias supérieur : *Amm.* cf. *metallarius* Dum., *Amm.* cf. *serpentinus* Rein., *Amm.* cf. *Dumortieri* Thiollière. Un Bivalve très répandu dans ces couches, et dont la forme rappelle un peu celle des *Unio*, nous a paru se rapprocher en réalité des *Gresslya*.

» Le système *supérieur*, qui se montre près de Zongoha sous forme de bancs minces assez fortement relevés et couronnant les dépôts arénacés de la formation charbonneuse, paraît très fossilifère. Un fragment d'Ammonite recueilli par M. Villiaume est identique à l'*Amm.* cf. *serpentinus* des couches précédentes; cette espèce est accompagnée d'un *Spiriferina* très abondant et assez variable de forme, qui ne nous paraît pas pouvoir être distingué de l'espèce signalée précédemment par M. Boule plus au sud (au sud-est du cap Saint-André), comme également associée à des Ammonites liasiques. Nous avons reconnu en outre *Zeilleria sarthacensis*, *Pholadomya* (voisin de *Ph. Voltzi* et de *Ph. ovulum*), *Pleuromya*, *Protocardium* cf. *striatulum*, *Eopecten* (*Hinnites* auct.) *tuberculatus*, *Ostrea* cf. *Beaumonti*, ainsi que des dents de Sélaciens. Cette faune appartient encore au Lias supérieur comme celle d'Ambaritelo, mais elle est un peu plus récente, certaines formes ayant des affinités bajociennes incontestables.

» En résumé, l'ensemble des couches charbonneuses de la région de Nossi-Bé vient se placer dans le Lias supérieur, et devrait être rapproché des couches charbonneuses du même âge qui affleurent dans les chaînes du nord de la Perse.

» Ces couches paraissent avoir une assez grande extension dans l'île de Madagascar, comme l'indiquent les fossiles analogues signalés dans la direction du sud-ouest par M. Boule. M. Villiaume a été également frappé de l'analogie que présentaient certains moules de Bivalves avec ceux qu'il avait recueillis dans une précédente exploration bien plus au sud, près de Beronono, sur les bords de la rivière Morondava. Le système des couches de Nossi-Bé viendrait ainsi tout naturellement s'intercaler entre les grès attribués jusqu'à présent au Trias dans le sud-ouest de Madagascar et les

calcaires fossilifères qui représentent dans cette région le Bajocien et le Bathonien.

» D'un autre côté, l'ensemble des couches explorées dans les environs de Nossi-Bé paraît constituer le flanc oriental d'un anticlinal dont l'axe serait marqué par les affleurements de roches cristallines qui ont été signalés dans cette île même; il est vraisemblable que la région du cap Saint-André présente une disposition analogue.

» L'hypothèse que nous avions proposée de la continuité d'un pli parallèle à la falaise occidentale du massif central, et qui s'étendrait depuis Beronono jusqu'à Nossi-Bé, prend ainsi un nouveau caractère de précision et de vraisemblance. »

PALÉONTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur les végétaux fossiles recueillis par M. Villiaume dans les gîtes charbonneux du nord-ouest de Madagascar.* Note de M. R. ZEILLER, présentée par M. Michel-Lévy.

« M. Villiaume, garde principal d'artillerie de marine, chargé par M. le général Gallieni de l'exploration des affleurements charbonneux de la région nord-ouest de Madagascar, a recueilli tant à Nossi-Bé qu'au voisinage du bord occidental et méridional de la baie de Passandava (ou Ampassindava) une série importante de fossiles animaux et végétaux, qu'il a bien voulu envoyer à l'École Nationale des Mines et dont l'étude a permis de déterminer le niveau des couches explorées.

» Des empreintes végétales avaient été depuis longtemps observées dans ces couches : il avait été fait mention d'abord d'empreintes de Conifères, puis de troncs de Sigillaires, et ces gîtes charbonneux avaient été considérés tantôt comme appartenant aux terrains secondaires, tantôt comme appartenant au vrai terrain houiller [1]. Mais ce n'est qu'au commencement de cette année que des échantillons en furent envoyés en France et purent être exactement déterminés : les premiers d'entre eux, consistant en tiges d'*Equisetum*, ont été décrits sous le nom d'*Eq. Jolyi* par M. Bureau, qui les

---

[1] *Découverte de lignite à Nossi-Bé et sur la côte occidentale de Madagascar* (*Annales des Mines*, 5e série, t. VI, 1854, p. 570-576). — *Notice sur une exploration géologique à Madagascar pendant l'année* 1863, par M. E. GUILLEMIN (*Ibid.*, 6e série, t. X, 1866, p. 277-319).

a signalés comme paraissant offrir des affinités triasiques [1], sans pouvoir toutefois en préciser l'âge avec une complète certitude.

» Les empreintes recueillies par M. Villiaume proviennent, pour la grande île : d'Ampassimena, à l'entrée nord-ouest de la baie de Passandava; d'Andrabinira et d'Ambaritelo, sur le bord occidental de cette même baie (ce sont les points les plus riches en empreintes végétales); de Zongoha et de Marofotra, au sud-est et au sud de la baie, dans l'intérieur des terres; enfin, pour Nossi-bé, d'Andriana.

» J'ai reconnu, parmi elles, les formes suivantes :

» Un fragment de penne de Fougère, appartenant au genre jurassique *Scleropteris* (Ambaritelo); de nombreux fragments de frondes d'un *Pecopteris* cyathoïde (Ambaritelo, Marofotra, et surtout Nossi-Bé), qui paraît identifiable au *Pec. exilis* Phillips, et en particulier aux échantillons du Lias supérieur de Cracovie figurés par M. Raciborski [2].

» De très nombreux échantillons d'*Equisetum Jolyi* Bureau (Andrahinira, Ambaritelo, Marofotra), offrant des tiges dont la largeur atteint 30^{mm} et 35^{mm}, avec des feuilles larges de $1^{mm},2$ à $1^{mm},4$, au nombre par conséquent d'une cinquantaine dans chaque gaine; les dents, mieux conservées que sur les échantillons rapportés par M. Joly, se montrent longues de 6^{mm} à 12^{mm}, effilées en pointe très aiguë. Ainsi caractérisée cette espèce se rapproche surtout de l'*Eq. veronense* Zigno, des couches liasiques du Véronais.

» Des feuilles rubanées à nervures parallèles, ressemblant à des feuilles de Cordaïtes, mais à nervation plus confuse, appartenant au genre *Yuccites* et rappelant, les unes les *Yucc. hettangensis* Sap. de l'Infralias et *Yucc. burgundiacus* Sap. du Bathonien (Andrahinira), les autres le *Yucc. angustifolius* Sap. de l'Infralias (Ampassimena et Andrahinira).

» Des graines à contour ovale-lancéolé, entourées d'une bordure correspondant vraisemblablement à une enveloppe charnue (Andrahinira), semblables à certaines graines du Jurassique de l'Inde figurées par O. Feistmantel sous le nom d'*Araucarites kutchensis* [3], mais offrant en réalité tous les caractères des *Cordaicarpus* houillers.

» Un *Sphenozamites* comparable au *Sphen. Geylerianus* Zigno du Lias du Véronais, mais à folioles plus étalées et plus obtuses (Ambaritelo). Un fragment de rachis épineux, d'Ambaritelo, semble également devoir être rapporté aux Cycadinées.

» Enfin, de très nombreuses Conifères, savoir : d'abord deux formes spécifiques de

---

(1) E. Bureau, *Sur la première plante fossile rapportée de Madagascar* (*Comptes rendus*, t. CXXX, p. 344-348; 5 février 1900).

(2) Raciborski, *Flora kopalna ogniotrwalych glinek Krakowskich*, pl. VII, fig. 13, 17; pl. VIII, fig. 1, 5, 6, 9 *b*; pl. IX, fig. 1, 2; pl. XXVI, fig. 1, 2.

(3) *Fossil Flora of the Gondwana System*, t. II, part. 2, pl. XIV, fig. 6, 7 (*excl. icon. aliis*).

Pagiophyllum, l'une à feuilles dressées, ayant quelque analogie avec le *Pag. rigidum* Pomel (sp.) du Corallien (Zongoha), l'autre rappelant le *Pag. Zignoi* Sap. du Lias du Véronais, mais à feuilles proportionnellement plus courtes et plus obtuses (Ambaritelo); un *Brachyphyllum* allié à diverses formes jurassiques, notamment au *Br. Papareli* Sap. de l'Infralias, au *Br. Moreauanum* Brongt. du Corallien, et au *Br. nepos* Sap. du Kimméridien (Andrahinira, Ambaritelo et Nossi-Bé), accompagné de petits cônes ovoïdes encore attachés à des ramules de petit diamètre et dont les écailles se terminent en un écusson quadrangulaire marqué d'une dépression transversale tout à fait semblable à celle qu'on observe chez les *Sequoia;* mais la portion supérieure de l'écusson, correspondant à l'écaille ovulifère, est beaucoup plus développée que la portion inférieure et se termine en une pointe obtusément aiguë; sauf cette particularité, ces cônes présentent tous les caractères de cônes de Séquoiées; plusieurs formes spécifiques de *Sphenolepidium,* l'une extrêmement voisine du *Sphen. liasinum* Kurr (sp.) du Lias supérieur (Nossi-Bé), une autre paraissant spécifiquement identique aux échantillons du Lias de l'Inde figurés par Oldham et Morris [1] sous le nom d'*Araucarites (?) gracilis* (Nossi-Bé), une troisième à feuilles très courtes (Marofotra et Nossi-Bé), offrant, dans ses ramules et ses rameaux, la disposition distique qu'on observe chez beaucoup de Cupressinées et qu'on remarque d'ailleurs aussi chez certains *Sphenolepidium,* notamment chez le *Sphen. Choffati* Sap. de l'Infracrétacé; un fragment de rameau plusieurs fois ramifié, à feuilles aiguës, ressemblant aux *Cryptomeria* (Nossi-Bé); et enfin un *Thuyites* à rameaux comprimés, à entrenœuds de 6^{mm} à 7^{mm} de longueur sur 2^{mm} à 3^{mm} de largeur, à feuilles latérales à peine saillantes, rappelant quelque peu une espèce inédite du Kimméridien du Bugey (Andrahinira et Nossi-Bé).

» Les Conifères paraissent, d'ailleurs, avoir joué un rôle important dans la végétation, car elles ont pris une part notable à la constitution des charbons de Zongoha : l'attaque de ces charbons, qui renferment une proportion appréciable de matières ulmiques immédiatement solubles dans l'ammoniaque, met en effet en liberté de très nombreuses trachéides à ponctuations aréolées unisériées, semblables à celles des Taxodinées, des Cupressinées et des Abiétinées.

» Au point de vue de la détermination du niveau, les conclusions auxquelles conduit l'examen de cette flore concordent avec celles que M. Douvillé a tirées de l'étude des fossiles animaux, reconnus par lui pour appartenir au Lias supérieur : deux ou trois espèces en effet peuvent être rapportées à des types spécifiques déjà connus, soit du Lias supérieur de l'Europe, soit du Lias de l'Inde; quant aux autres, la plupart se rapprochent, sans pouvoir cependant leur être identifiées, de formes appartenant au Lias ou à l'Oolithe inférieure, quelques-unes seulement se montrant analogues à des espèces de niveaux plus élevés, tandis qu'on

---

(1) *Fossil Flora of the Gondwana System,* t. I, part 1, pl. XXXIII fig. 1, 2; pl. XXXV, fig. 1, 2.

constate d'autre part certaines affinités avec des types infraliasiques. Le mélange des espèces, dont plusieurs se retrouvent dans presque toutes les localités, atteste d'ailleurs qu'on a affaire à un niveau unique, le mode de répartition des formes variant seul d'un point à l'autre, les *Equisetum* et les *Brachyphyllum* dominant à Andrahinira et Ambaritelo, les *Pecopteris* et les *Sphenolepidium* à Nossi-Bé.

» Au point de vue botanique, il n'est pas sans intérêt de constater l'analogie de cette flore avec celle qui peuplait nos régions à la même époque, observation qui vient à l'appui de celles qui ont été déjà faites sur d'autres points et qui tendent à établir l'uniformité presque complète de la flore à l'époque jurassique. Les échantillons recueillis par M. Villiaume confirment, en outre, d'une façon formelle l'attribution, déjà indiquée par O. Heer, mais encore contestée, des *Brachyphyllum* aux Taxodinées. Enfin l'association, reconnue à Andrahinira, de graines semblables à celles des Cordaïtées houillères avec les feuilles des *Yuccites*, vient apporter un argument des plus sérieux en faveur de l'attribution aux Cordaïtées, simplement présumée dans ces derniers temps, de ce type énigmatique des *Yuccites*, longtemps considéré comme appartenant aux Monocotylédones. »

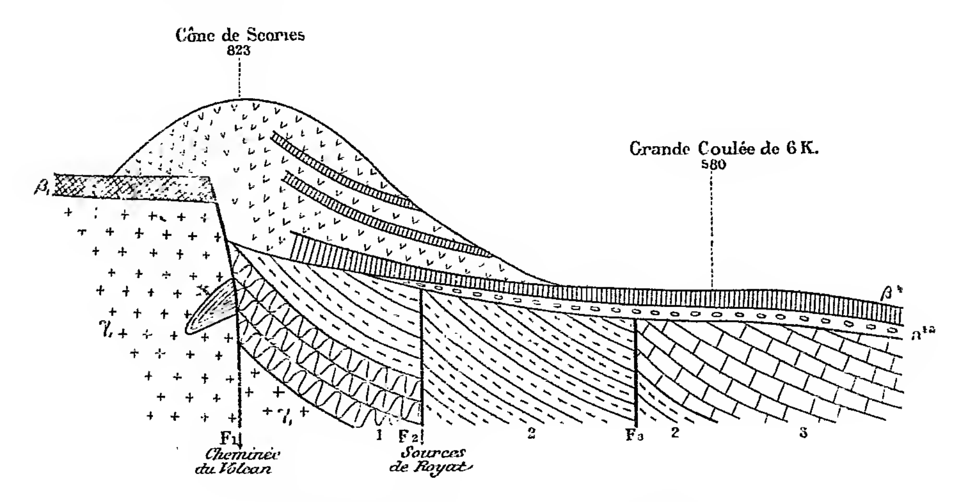
GÉOLOGIE. — *Le volcan de Gravenoire et les sources minérales de Royat.* Note de M. **Ph. Glangeaud**, présentée par M. Michel-Lévy.

« Le volcan de Gravenoire, un des plus beaux volcans de l'Auvergne, est constitué par une coupole de scories couverte de pins et de hêtres dominant, à l'est, la Limagne; au nord et au sud, deux profondes vallées entaillées dans le granite; à l'ouest, il est adossé au plateau granitique qui supporte la chaîne des Puys. Plusieurs coulées sortent de ses flancs et surplombent Royat, mais les deux principales sont issues de sa base et s'étendent au sud de Clermont, vers Beaumont et Aubière, sur une longueur de 6^{km}.

» En raison de l'intérêt qu'il présente et de sa proximité de Clermont, de nombreux géologues ont étudié le volcan de Gravenoire. Les études de Poulett-Scrope, Lecoq, Pommerol, Gonnard, Michel-Lévy, Lacroix, Boule, etc., avaient surtout porté sur l'âge de ce volcan et sur la nature des produits qu'il avait émis.

» On ne s'était pas demandé, à ma connaissance, pourquoi il avait une situation aussi excentrique par rapport à la chaîne des Puys; pourquoi,

presque seul, il était situé sur le bord du grand bassin de la Limagne? Quelles sont les raisons de cette situation, qui paraît si anormale au premier abord? Quelle est, en un mot, l'origine de ce volcan?



Coupe synthétique du volcan de Gravenoire.

LÉGENDE. — γ_1 Granite. X Cambrien. 1, Arkoses inférieures. 2, Arkoses supérieures. 3, Calcaires à Potamides. β_1, Coulée de basalte du volcan pliocène de Charade. a^{1a}, Alluvions à galets de granite, granulite, basalte de Charade, etc., sur lesquelles repose la coulée basaltique β^4 du volcan de Gravenoire

F_1 Grande faille de la Limagne, cheminée du volcan. F_2 Deuxième faille par laquelle sortent les sources de Royat. F_3 Troisième faille.

» Des recherches récentes m'ont fourni la solution de ce problème, ainsi que celles de l'origine des sources minérales de Royat, pour lesquelles on n'avait émis que des hypothèses.

» On pensait jusqu'ici que les sédiments tertiaires constituant le sous-sol de la Limagne reposaient sur le granite, au nord de Ceyrat, et que la faille qui avait donné naissance à la falaise dominant ce bassin n'intéressait que les sédiments tertiaires.

» Il n'en est rien en ce qui concerne les environs de Durtol, Royat et Ceyrat. Depuis Durtol, jusque près de Ceyrat, il existe une grande faille mettant en contact le granite et les arkoses et ayant produit une dénivellation atteignant en certains points près de 200^m. Cette cassure nettement indiquée par la topographie avait échappé à l'attention des géologues. C'est cette faille cependant qui doit être considérée comme la *cassure principale limitant la Limagne.* C'est elle qui a donné naissance à ces hautes murailles granitiques qui surplombent le bassin tertiaire.

» A Royat, la faille passe à quelques mètres à l'ouest de la carrière d'arkoses du puy Chateix et descend dans la vallée en face de la chocolaterie. Le long de la faille, les couches sont relevées de plus de 45°, mais cette inclinaison ne dure pas longtemps ; elle diminue de plus en plus à mesure qu'on s'en éloigne et, à quelques centaines de mètres à l'est, le pendage n'atteint pas 10°. Cette faille est fortement minéralisée. Elle a servi de cheminée d'ascension à des eaux minérales qui ont déposé de la barytine, de l'opale. J'y ai même trouvé un peu de bitume.

» Il est un autre point sur lequel je désire appeler l'attention. Les arkoses du fond de la vallée sont très différentes des arkoses supérieures. Elles renferment des intercalations de calcaire très siliceux dans lesquels j'ai observé des empreintes de fossiles. Il m'a paru que l'on avait peut-être là les niveaux de l'oligocène inférieur à Striatelles et à Potamides, découverts par MM. Michel-Lévy et Munier-Chalmas aux environs d'Issoire, et étudiés récemment par M. Giraud.

» Les arkoses visibles au sud de Royat, sous la coulée de Gravenoire, font le pendant de celles du puy Chateix et sont fortement redressées comme ces dernières.

» La faille se continue au sud du bassin de Gravenoire. Elle est visible sur le chemin de Boisséjour à Champeaux, à la base de l'escarpement granitique. Ici, non seulement le granite est en contact avec l'arkose, mais un îlot de cambrien emballé dans ce granite a été coupé par la faille, à l'emporte-pièce, et dans la descente des couches il s'est produit, par places, un véritable mélange de blocs d'arkose et de granite, ainsi que des miroirs de faille.

» Si l'on réunit tous les points de cette faille, que j'ai suivie pas à pas, depuis Durtol jusqu'à Ceyrat, on voit qu'elle *passe exactement par le centre éruptif du volcan de Gravenoire*. Cette faille, qui a dû être esquissée dès le Pliocène, a rejoué à l'époque du Quaternaire inférieur. C'est par elle que sont sorties les laves et les projections du volcan, tandis qu'au nord se faisaient jour des sources minérales barytifères et siliceuses. C'est donc cette *faille qui a donné naissance au volcan de Gravenoire*.

» Un peu à l'est, il existe une deuxième faille faisant buter les arkoses à 5° contre les niveaux supérieurs des arkoses qui plongent de 45°. Cette deuxième cassure parallèle à la première est marquée, dans la vallée de Royat, par la sortie de la magnifique source minérale Eugénie, une des plus belles du monde (débit : 1000^{lit} à la minute).

» D'autres failles semblables s'échelonnent de Royat à Clermont et sont

jalonnées par les sources minérales des Roches et par les vingt sources de Clermont. Ces failles dénivellent, *en échelon*, les sédiments tertiaires de la Limagne et découpent le grand synclinal esquissé dès la fin de l'Éocène, synclinal qui se continue par l'anticlinal granitique dont l'axe est marqué par la ligne éruptique de la chaîne des Puys.

» Le plissement qui a conduit à la formation de ces cassures s'est accentué à diverses époques, durant le tertiaire : pendant le dépôt des arkoses et des calcaires (plusieurs discordances). Mais c'est le contre-coup du soulèvement des Alpes, ainsi que l'ont indiqué MM. Julien et Michel-Lévy, qui a conduit au morcellement du synclinal et de la production des failles.

» Ces failles ont rejoné au Quaternaire inférieur et nous venons de voir que ce sont elles qui ont donné naissance au volcan de Gravenoire et aux sources minérales de Royat. »

M. E. Vial adresse un Mémoire ayant pour titre : « Contribution à l'étude des formations cosmiques ».

M. Ch. Faga adresse un Mémoire « Sur la construction des grands barrages ».

La séance est levée à 4 heures et demie.

G. D.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans la séance du 5 juin 1900.

La face de la Terre (das Antlitz der Erde), par Ed. Suess, Associé étranger de l'Institut de France (Académie des Sciences), traduit avec l'autorisation de l'Auteur et annoté sous la direction d'Emmanuel de Margerie; t. II. Paris, Armand Colin et Cie, 1900; 1 vol. in-8°. (Hommage de M. E. de Margerie.) (Présenté par M. de Lapparent.)

Livret-guide des excursions en France du VIIIe Congrès géologique international. Paris, 1900; 25 fasc. in-8°. (Présenté par M. Gaudry.)

Service géographique de l'Armée. Huit cartes au $\frac{1}{1000000}$. *Balkans : Corinthe, Bucharest, Belgrade. — Algérie : Boghar. — Afrique (région centrale) : Sokoto, Kouka, Gao-Gao. — Asie : Nagasaki.* 8 feuilles in-f°.

Le noir d'acétylène et ses dérivés, par M. E. HUBON. Paris, 1900; 1 fasc. in-8°.

Nouveau système de barrage proposé pour rendre la Loire navigable, par CHARLES FAGA. Paris, Vve Ch. Dunod, 1900; 1 fasc. in-8°.

Exposé des travaux scientifiques de M. A. CROVA, *Correspondant de l'Institut.* Montpellier, 1900; 1 fasc. in-4°.

Annales de l'École nationale d'Agriculture de Montpellier; t. XI, 14e année, 1899-1900. Montpellier, Camille Coulet, 1900; 1 vol. in-8°. (Présenté par M. Dehérain.)

Bulletin météorologique du département de l'Hérault, publié sous les auspices du Conseil général; année 1899. Montpellier, Serre et Roumégous, 1900; 1 fasc. petit in-4°.

Contributo alla conoscenza isto-fisiologica della ghiandola di Harder, nota preventiva per il Dr DOMENICO TADDEI. Milano, Francesco Vallardi, s. d.; 1 fasc. in-8°. (Hommage de l'Auteur.)

Fairmount Park Art Association; twenty-eighth annual Report of the board of trustees and the list of Members. Philadelphia, 1900; 1 fasc. in-8°.

La trisezione geometrica dell' angolo, scoperta dal Reverendo ANTONIO MÉTRAL, sacerdote, con traduzione francese della parte principale. Roma, Gaetano Pistolesi, 1900; 1 fasc. in-8°.

Diagrammi musicometri, S. URSINI SCUDERI; Roma, Modes e Mendel, 1900; 1 fasc. petit in-4°. (Hommage de l'Auteur.)

Musicometro. Lege metrica e psicologica della musica, S. URSINI-SCUDERI; sesta edizione. Roma. Modes e Mendel, s. d.; 1 fasc. petit in-4°. (Hommage de l'Auteur.)

Boletim do Museu Paraense de Historia natural e ethnographia; vol. III. n° 1, fevereiro 1900. Para-Brazil, Alfredo Silva e Ca, 1900; 1 fasc. in-8°.

Observatorio del Colegio Pio de Villa Colon. El ano meteorologico 1897-98, por el P. JUAN DE DIOS MORATORIO. Montevideo, 1899; 1 fasc. gr. in-8°.

Bergens Museums aarborg 1899; 2 det hefte. Bergen, 1900; 1 vol. in-8°.

Bergens Museum. Aarsberetning for 1899. Bergen, 1900; 1 fasc. in-8°.

COMPTES RENDUS

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 11 JUIN 1900,

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE LÉVY.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Réduction de certains problèmes d'échauffement ou de refroidissement par rayonnement, au cas plus simple de l'échauffement ou du refroidissement des mêmes corps par contact; échauffement d'un mur d'épaisseur indéfinie.* Note de M. **J. Boussinesq.**

« I. En général, le calcul des températures d'un corps athermane, refroidi ou chauffé par le rayonnement positif ou négatif des divers éléments de sa surface vers les parties en regard d'une enceinte, portées à des températures données, est beaucoup plus complexe qu'il ne serait, si le refroidissement ou l'échauffement avaient lieu par contact, c'est-à-dire si ces températures extérieures étaient directement communiquées aux éléments en question de la surface. Il peut donc être utile de remarquer les cas où le premier de ces problèmes est réductible au second, d'autant plus

que ces cas se trouvent comprendre justement quelques-unes des questions les plus intéressantes de la théorie analytique de la chaleur, celles qui concernent soit le refroidissement séculaire de la croûte terrestre, dans un espace interstellaire supposé à une température constante (abstraction faite de l'action du Soleil, qui s'évalue à part), soit les températures invariables que tendent à prendre les divers points de cette croûte, ou même du noyau terrestre sous-jacent, sous l'influence de températures extérieures fixes et connues, mais inégales, réalisées au-dessus des divers éléments de la surface.

» II. Que le refroidissement et l'échauffement d'un corps athermane aient lieu par contact, ou qu'ils aient lieu par rayonnement, les équations déterminant les températures u de ce corps sont les mêmes, sauf la relation qui exprime les influences, sur sa couche superficielle, de l'enceinte, ou des températures extérieures u_e. Dans le cas simple du contact, cette relation se réduit à $u = u_e$. Dans le cas du rayonnement, le flux de chaleur F_n absorbé par l'unité d'aire de la surface dans l'unité de temps, et qu'exprime (si le solide est isotrope) le produit

$$K\frac{du}{dn}, \quad \text{ou} \quad K\left(\frac{du}{dx}\cos\alpha + \frac{du}{dy}\cos\beta + \frac{du}{dz}\cos\gamma\right),$$

de la *conductibilité intérieure* K et de la dérivée de u suivant une normale élémentaire dn, à cosinus directeurs $\cos(\alpha, \beta, \gamma)$, aboutissant du dedans à la surface, vaut l'excédent $u_e - u$, multiplié par la *conductibilité superficielle k*. En appelant h le rapport de cette dernière à la conductibilité interne K, puis G, H, I les trois quotients de $\cos(\alpha, \beta, \gamma)$ par h et posant

$$(1) \qquad \varphi = u + G\frac{du}{dx} + H\frac{du}{dy} + I\frac{du}{dz},$$

la relation spéciale à la surface rayonnante est donc $\varphi = u_e$, au lieu de $u = u_e$. *C'est φ et non u*, qui se trouve *donné* à la surface : φ peut d'ailleurs être considéré même à l'intérieur du corps, pourvu que G, H, I y soient ou trois constantes, ou trois fonctions continues de x, y, z, astreintes à prendre sur la surface rayonnante leurs valeurs connues.

» III. Or l'équation indéfinie régissant u dans le corps est

$$(2) \qquad \text{soit}\left(\frac{d}{dt} - a^2\Delta_2\right)u = 0, \qquad \text{soit}\ \Delta_2 u = 0,$$

suivant qu'il s'agit d'un état calorifique variable avec le temps t, ou d'un

état permanent; et il pourra bien se faire que la fonction linéaire φ de u et de ses dérivées premières en x, y, z satisfasse à la même équation. Cela arrivera, notamment, si la surface rayonnante est plane; car, alors, G, H, I étant constants, chacun des quatre termes de φ vérifiera séparément l'équation voulue (2). Si, en outre, le corps a des parties profondes où u prenne asymptotiquement une certaine valeur constante u_0, la fonction φ s'y réduira aussi à u_0, les trois derniers termes de (1) s'y évanouissant. Enfin, dans le cas de températures variables avec le temps t, il y aura une condition d'état initial, $u = f(x, y, z)$, avec f fonction arbitraire de x, y, z, que u devra vérifier à l'instant de début du phénomène; et alors φ aura les valeurs initiales, également connues,

$$(3) \qquad \varphi = f + \mathrm{G}\frac{df}{dx} + \mathrm{H}\frac{df}{dy} + \mathrm{I}\frac{df}{dz}.$$

» Elles se réduiront même à $\varphi = f$ dans le cas le plus intéressant, qui est celui d'une température initiale constante.

» *La fonction φ vérifiera donc, dans le refroidissement ou l'échauffement par rayonnement, des équations identiques, ou du moins analogues, à celles qui déterminent u dans le refroidissement ou l'échauffement par contact.* Si l'on sait calculer u dans ce dernier cas, on pourra, dès lors, obtenir φ dans le cas du rayonnement. Après quoi, pour avoir u, on intégrera l'équation linéaire (1) du premier ordre, en déterminant par la condition $u = u_0$ relative aux régions profondes, ou par quelque autre équivalente, la fonction arbitraire qu'introduit cette dernière intégration. En général, celle-ci ne se fait pas sous forme finie, et la formule de u contient, par suite, un signe $\int$ de plus que celle de φ. L'expression de u emploiera donc des intégrales définies d'un degré de multiplicité plus élevé (d'une unité) dans le refroidissement ou l'échauffement par rayonnement, que dans le refroidissement ou l'échauffement par contact.

» IV. Je donnerai de cette théorie quatre exemples, se rapportant, deux, à des états variables avec t, et, deux, à des états permanents.

» Le premier sera celui de l'échauffement d'un mur d'épaisseur indéfinie, ayant eu (à l'époque $t = -\infty$) des températures initiales nulles, occupant d'ailleurs toute la région des x positifs, avec le plan $x = 0$ pour face rayonnante, et chauffé par une source extérieure uniforme, d'étendue également indéfinie, qui produira devant toute cette face des températures

$u_e = f(t)$ fonction arbitraire donnée du temps. On aura ici

$$\cos\alpha = -1, \qquad \cos\beta = 0, \qquad \cos\gamma = 0, \qquad \varphi = u - \frac{1}{h}\frac{du}{dx}.$$

» Le cas du contact, correspondant à $h = \infty$, ou à $u = f(t)$ pour $x = 0$, aurait comme solution (¹) $u = \frac{2}{\sqrt{\pi}}\int_0^\infty f\left(t - \frac{x^2}{4a^2\omega^2}\right)e^{-\omega^2}d\omega$. En appelant, plus explicitement, $\varphi(x, t)$ notre fonction auxiliaire, nous aurons donc

$$(4) \qquad \varphi(x, t) = \frac{2}{\sqrt{\pi}}\int_0^\infty f\left(t - \frac{x^2}{4a^2\omega^2}\right)e^{-\omega^2}d\omega\,;$$

et il ne restera plus qu'à intégrer l'équation différentielle

$$u - \frac{1}{h}\frac{du}{dx} = \varphi(x, t),$$

sous la condition $u = 0$ (pour $x = \infty$). On trouve, sous cette condition, ou même seulement pourvu que u ne devienne pas infini pour x infini positif,

$$u = h\int_0^\infty \varphi(x + \zeta, t)e^{-h\zeta}\,d\zeta,$$

c'est-à-dire, vu l'expression (4) de φ,

$$(5) \qquad u = \frac{2}{\sqrt{\pi}}\overline{\int\int_0^{+\infty}} e^{-\omega^2 - h\zeta} f\left[t - \frac{(x+\zeta)^2}{4a^2\omega^2}\right] h\,d\zeta\,d\omega.$$

» V. Imaginons qu'après s'être trouvé primitivement à zéro comme le mur, l'espace extérieur ait été, dès une époque fort ancienne $t = -\mathrm{T}$, porté à une température fixe $u_e = u_0$, et qu'il l'ait conservée jusqu'à l'époque $t = 0$, c'est-à-dire assez longtemps pour l'avoir communiquée au mur jusqu'à de grandes profondeurs x. La source s'étant éteinte à l'instant $t = 0$, on suppose u_e nul à toutes les époques t positives ; et l'on se propose de déduire de la formule (5), pour ces époques positives, les températures du mur, dès lors en train de se refroidir par rayonnement.

(¹) Voir, par exemple, mon *Cours d'analyse infinitésimale pour la Mécanique et la Physique* (*Calcul intégral, Compléments*), p. 469*, en y substituant $\omega\sqrt{2}$ à α.

» Assimilons, dans (5), ω à une abscisse et ζ à une ordonnée. La fonction $f(t)$ ayant ses valeurs nulles en dehors de l'intervalle $t = -T$, $t = 0$, le facteur f sous le signe $\int$ annulera tous les éléments autres que ceux où $x + \zeta$ excédera $2a\omega\sqrt{t}$ et sera inférieur à $2a\omega\sqrt{t+T}$. Pour chaque valeur (positive) de ω, ζ n'aura donc à varier que de $-x + 2a\omega\sqrt{t}$ à $-x + 2a\omega\sqrt{t+T}$, en excluant même les valeurs de ζ négatives $\Big($ce qu'elles seront toutes pour $\omega < \frac{x}{2a\sqrt{t+T}}$, et ce que sera une partie d'entre elles pour $\omega < \frac{x}{2a\sqrt{t}}\Big)$. D'ailleurs, les valeurs de f subsistantes pourront être réduites à u_0 et les limites se simplifieront par l'hypothèse $T = \infty$. L'intégration indéfinie en ζ donne alors $-e^{-\omega^2-h\zeta}$; et il vient aisément

$$u = \frac{2u_0}{\sqrt{\pi}}\left[\int_0^{\frac{x}{2a\sqrt{t}}} e^{-\omega^2}\,d\omega + e^{a^2h^2t+hx}\int_{\frac{x}{2a\sqrt{t}}}^{\infty} e^{-(\omega+ah\sqrt{t})^2}\,d\omega\right].$$

» Remplaçons, sous le dernier signe $\int$, ω par la nouvelle variable d'intégration $\omega' = ah\sqrt{t} + \omega$: ce qui ajoutera simplement $ah\sqrt{t}$ à la limite inférieure. Alors, en effaçant l'accent de ω', il viendra la formule, aussi simple qu'on pouvait l'espérer,

$$(6)\qquad u = \frac{2u_0}{\sqrt{\pi}}\left(\int_0^{\frac{x}{2a\sqrt{t}}} e^{-\omega^2}\,d\omega + e^{a^2h^2t+hx}\int_{ah\sqrt{t}+\frac{x}{2a\sqrt{t}}}^{\infty} e^{-\omega^2}\,d\omega\right). \text{ »}$$

PHYSIQUE. — *Note sur le rayonnement de l'uranium*; par M. **Henri Becquerel.**

« Le rayonnement des corps radio-actifs comprend deux groupes distincts : l'un, qui consiste en rayons cathodiques, est déviable par un champ magnétique et par un champ électrique; l'autre, dont la nature est inconnue jusqu'ici, n'est pas déviable et paraît comprendre des rayons ayant des puissances diverses de pénétration au travers des métaux et des corps opaques pour la lumière.

» Ces deux groupes de rayons ont été observés avec les corps très actifs découverts par M. et Mme Curie; le radium émet à la fois des rayons

déviables et des rayons non déviables; le polonium n'émet que des rayons non déviables; l'actinium de M. Debierne émet des rayons déviables.

» Je me suis proposé depuis quelque temps de rechercher si l'uranium, le premier des corps dont on ait observé la radio-activité (1), émettait des rayons déviables.

» La très faible intensité du rayonnement de l'uranium et, par suite, la longueur du temps de pose nécessaire pour produire une impression photographique suffisante, rendent les expériences plus difficiles à réaliser qu'avec le radium.

» J'ai employé la disposition dont j'avais fait usage pour mettre en évidence la déviation électrostatique du rayonnement du radium. On projetait, sur une plaque photographique enveloppée de papier noir, l'ombre d'un écran plan normal à la plaque et disposé dans un champ magnétique parallèlement à ce champ; la source radiante était de l'uranium en poudre rassemblé dans une rainure en plomb parallèle à l'écran et située au-dessous. Le champ était celui d'un aimant permanent; la pose durait plusieurs jours et a varié selon la distance de la source à l'écran.

» Dans tous les cas, avec un champ d'environ 1500 unités C. G. S., on a obtenu une ombre de l'écran montrant qu'une partie du rayonnement du radium qui traverse le papier noir est déviée dans le même sens que des rayons cathodiques. Des mesures préliminaires, que je me propose de reprendre avec plus de précision, ont montré que le produit $H\rho$ du champ magnétique par le rayon de courbure des trajectoires était du même ordre de grandeur que pour ceux des rayons du radium qui traversent le papier noir, et une lame d'aluminium de $0^{mm},1$ d'épaisseur. Près du bord dévié de l'ombre, les radiations correspondraient à une valeur du produit $H\rho$ supérieure à 2000; cette valeur est la même pour des rayons très pénétrants émis par le radium.

» Des observations qui m'ont été communiquées par M. Debierne (2), et qui étaient antérieures aux récentes expériences de M. v. Lengyel (3), conduisent à rechercher si les rayons déviables de l'uranium sont dus à ce métal seul ou à une petite quantité d'une substance très active mélangée à l'uranium. D'après M. Debierne, si l'on prend du chlorure d'uranium du commerce que l'on dissout dans l'eau, si l'on ajoute un peu de chlorure

(1) H. Becquerel, *Comptes rendus*, t. CXXII, p. 421 et 501, février et mars 1896.
(2) Voir *Comptes rendus*, t. CXXX, p. 906 (2 avril 1900).
(3) *Berichte der Deutschen chemische Gesellschaft*, n° 8, p. 1237 (mai 1900).

de baryum, puis qu'on précipite le baryum à l'état de sulfate, on obtient un sulfate de baryum actif. Dans une expérience que j'ai eu l'occasion de répéter avec quelques grammes de matière du commerce, le chlorure d'uranium, ainsi traité deux fois de suite puis desséché, est resté actif. L'activité, mesurée par la vitesse de la décharge d'un électroscope chargé à une vingtaine de volts, était réduite à 0,67 environ de l'activité du produit non traité. Le sulfate de baryum résultant de la première précipitation avait, dans cette expérience, une activité de 0,27 environ en prenant pour unité l'activité du chlorure d'uranium avant le traitement.

» Si l'on traite à la fois une quantité un peu plus grande de chlorure d'uranium, une centaine de grammes par exemple, on y ajoutant une très petite quantité de chlorure de baryum, le précipité est plus riche en matière active entraînée; la radio-activité du sulfate de baryum peut alors dépasser très notablement celle du chlorure d'uranium du commerce. Ces corps produisent, sur une plaque photographique enveloppée de papier noir, une impression plus forte que l'uranium.

» Ces expériences montrent d'une part que l'uranium est mélangé à un produit très actif qui pourrait être l'actinium et que, d'autre part, l'uranium purifié est encore actif. Une nouvelle purification du sel uranique ne paraît pas avoir diminué son activité d'une manière appréciable. Ces résultats sont favorables à l'hypothèse de l'existence d'une radiation propre à l'uranium.

» A cette occasion, je rapporterai également le résultat de l'examen de deux échantillons de nitrate d'urane que M. Lecoq de Boisbaudran m'avait remis il y a déjà longtemps. Ces deux échantillons étaient les termes extrêmes d'un fractionnement par cristallisation. Les premiers cristaux et les derniers se sont comportés comme identiques soit pour rendre l'air conducteur, soit pour impressionner une plaque photographique. »

PHYSIQUE. — *Recherches sur les tensions de la vapeur de mercure saturée* (1); par MM. L. Cailletet, Colardeau et Rivière.

« On sait peu de choses sur les propriétés thermiques des vapeurs métalliques. Nous connaissons les points d'ébullition du mercure, du cadmium et du zinc; quelques autres métaux sont volatils au rouge, enfin Regnault

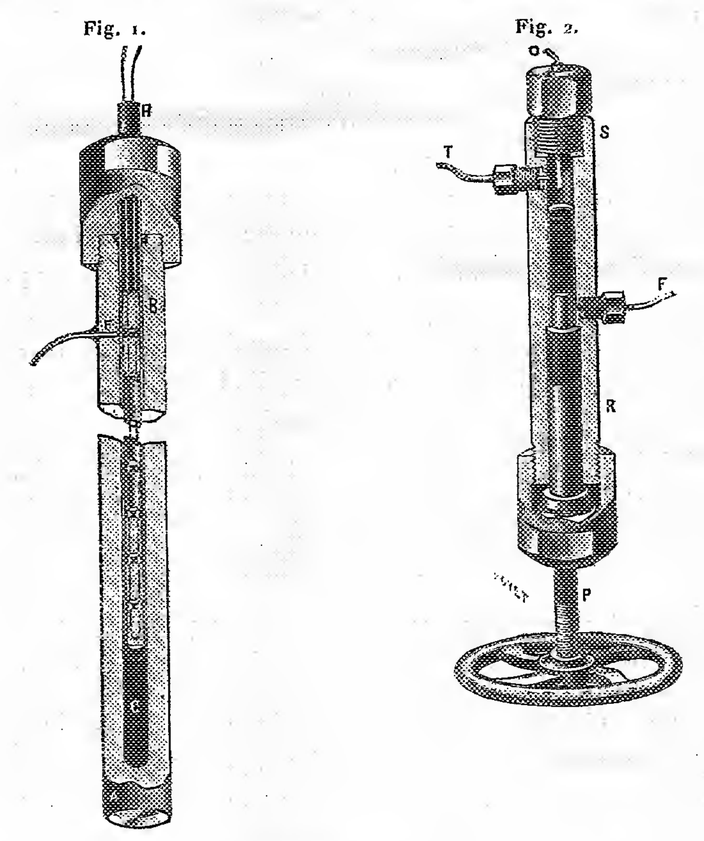
(1) Ce Travail a été fait au Laboratoire de Physique de l'École Normale supérieure pendant les années 1897 à 1900.

a mesuré la force élastique de la vapeur de mercure saturée, par la méthode d'ébullition sous des pressions variables, qu'il avait déjà employée pour l'eau. Mais ces expériences ont présenté des difficultés et des anomalies inattendues et elles n'ont été poussées que jusqu'à la température de 500°, à laquelle la pression de la vapeur saturée est de 8 atmosphères; pour aucun de ces métaux il n'a été question jusqu'à présent du point critique.

» De tous les métaux, le mercure est évidemment celui dont l'étude paraît le plus facilement abordable et nous avons entrepris de pousser aussi loin que possible la mesure de sa tension de vapeur.

» Après de longs tâtonnements, nous nous sommes arrêtés au dispositif expérimental suivant :

» Le mercure est enfermé dans un tube en fer AB (*fig.* 1) foré sur le



tour, ayant 46^{cm} de longueur et 3^{cm} de diamètre extérieur. La cavité cylindrique a 7^{mm} de diamètre. Ce tube laboratoire, protégé par une enveloppe

réfractaire, est placé verticalement dans un fourneau à gaz. Seule la partie fermée par un ajutage à vis fait saillie au dehors. Un second tube en fer CH, fermé en C, pénètre dans le tube laboratoire, ainsi qu'un piston plongeur dans un corps de pompe.

» Il laisse tout autour de lui un espace annulaire très étroit. Enfin, un tube flexible F également en fer et de petit diamètre, met en communication l'intérieur du tube laboratoire avec la pièce SR (*fig.* 2), qui a pour but de faire varier de quantités connues le volume total occupé par le mercure, tant à l'état liquide qu'à l'état de vapeur. Cette pièce SR est formée d'un cylindre en fer dans lequel pénètre par la partie inférieure un piston plongeur à vis P. A la partie supérieure un fil de platine isolé O, fournit un contact électrique dans le circuit d'une sonnerie, et sert aussi de repère.

» Cette partie supérieure est mise enfin en relation par le tube T avec la pompe hydraulique munie d'un manomètre.

» Dans ces conditions, le niveau du mercure étant toujours ramené au repère électrique, le volume réservé au mercure et à sa vapeur dépend de la position du piston à l'intérieur de l'appareil et varie d'une même quantité à chaque tour de vis.

» La pression est mesurée par un manomètre métallique de grande dimension étalonné directement au manomètre à air libre de la Tour Eiffel. La température est évaluée par un couple thermo-électrique (platine-platine rhodié) étalonné dans l'eau, le soufre et le zinc à l'ébullition. Les fils de ce couple traversent de petits tubes en porcelaine percés de deux trous parallèles et disposés en chapelet à la suite les uns des autres dans le tube en fer CH.

» Lorsqu'on chauffe le mercure contenu dans le tube laboratoire, de la vapeur se forme dans la partie inférieure; elle refoule au-dessus d'elle le mercure dans l'espace annulaire très resserré, compris entre les deux tubes métalliques; ce mercure forme ainsi une cloison liquide dont la partie supérieure reste à la température de l'eau servant à refroidir les cuirs de la fermeture, tandis que la partie moyenne de l'appareil où se trouve la soudure chaude du couple thermo-électrique subit la température maxima de la partie centrale du fourneau à gaz. Quand le mercure se vaporise dans cette partie, la gaine liquide qui reste soutenue dans l'espace annulaire par l'effet de la capillarité, transmet dans le petit tube de fer F et dans la pièce SR la pression correspondant à la température la plus élevée que supporte l'appareil.

» Pour faire une expérience, nous chauffons le tube laboratoire, qui à froid est entièrement rempli de mercure, et nous maintenons la température aussi constante que possible. Une bulle de vapeur se forme dans la partie la plus chaude et refoule le mercure liquide dans la pièce SR. En donnant la pression convenable nous maintenons l'affleurement au repère électrique; si nous diminuons le volume en enfonçant le piston d'un pas de vis et ramenant l'affleurement au repère par le jeu de la pompe, la bulle de vapeur diminue, mais tant qu'elle subsiste, si la température est inférieure au point critique, la pression reste la même et nous reconnaissons à ce signe que c'est bien la force élastique de la vapeur saturée que nous mesurons. Dès que la bulle a disparu, le mercure est en quelque sorte bloqué et nous ne pouvons rétablir l'affleurement que par des pressions devenues subitement très élevées. Si le point critique était dépassé nous en serions avertis par ce fait que toute diminution de volume produite par le jeu de la pompe entraînerait une augmentation continue de la pression.

» Nous avons pu monter ainsi jusqu'à 880° environ, température à laquelle correspond une pression de 160 atmosphères; si nous n'avons pu aller plus loin, c'est qu'à cette température il s'est produit un phénomène imprévu. Le tube de fer porté au rouge vif se laisse traverser par le mercure. Nous avions espéré l'éviter en construisant un nouvel appareil à parois plus épaisses et en émaillant à l'intérieur le tube laboratoire; mais, soit que l'émail fût lui-même perméable, soit qu'il se fût détérioré sous l'action de températures aussi élevées et de pressions aussi grandes, l'insuccès fut le même. Il y a donc là une difficulté que nous ne sommes pas encore parvenus à surmonter et qui nous a empêchés d'atteindre le point critique.

» Aux températures inférieures à 500°, nos mesures offrent une concordance satisfaisante avec les résultats que Regnault a obtenus par la méthode de l'ébullition. Mais les détails dont il accompagne la description de ses expériences laissent subsister quelques doutes sur leur exactitude, et nous avons cru utile de contrôler par une autre méthode les résultats obtenus à ces températures relativement basses. Nous avons employé l'appareil suivant, *fig.* 3.

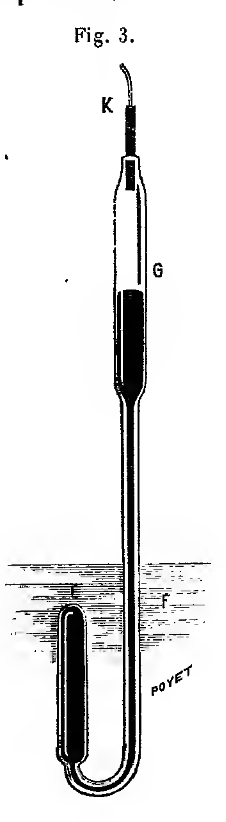
» Le mercure est contenu dans un tube en verre vert recourbé EFG. L'une des branches E, fermée à son extrémité et protégée par un lut d'argile mêlée à de l'amiante, peut être chauffée dans un bain d'azotates de potassium et de sodium fondus. L'autre branche plus longue communique par le tube K avec la pompe et un manomètre sensible.

» Le couple thermo-électrique, protégé par un tube de verre fermé à l'extrémité inférieure, plonge aussi dans le bain d'azotate.

» Dès que la température dépasse 350°, la vapeur formée pousse le mercure, qui s'élève dans le réservoir G. On maintient fixe cette température, on amène par une pression convenable le niveau du mercure à un repère tracé sur la grande branche, et l'on procède aux mesures.

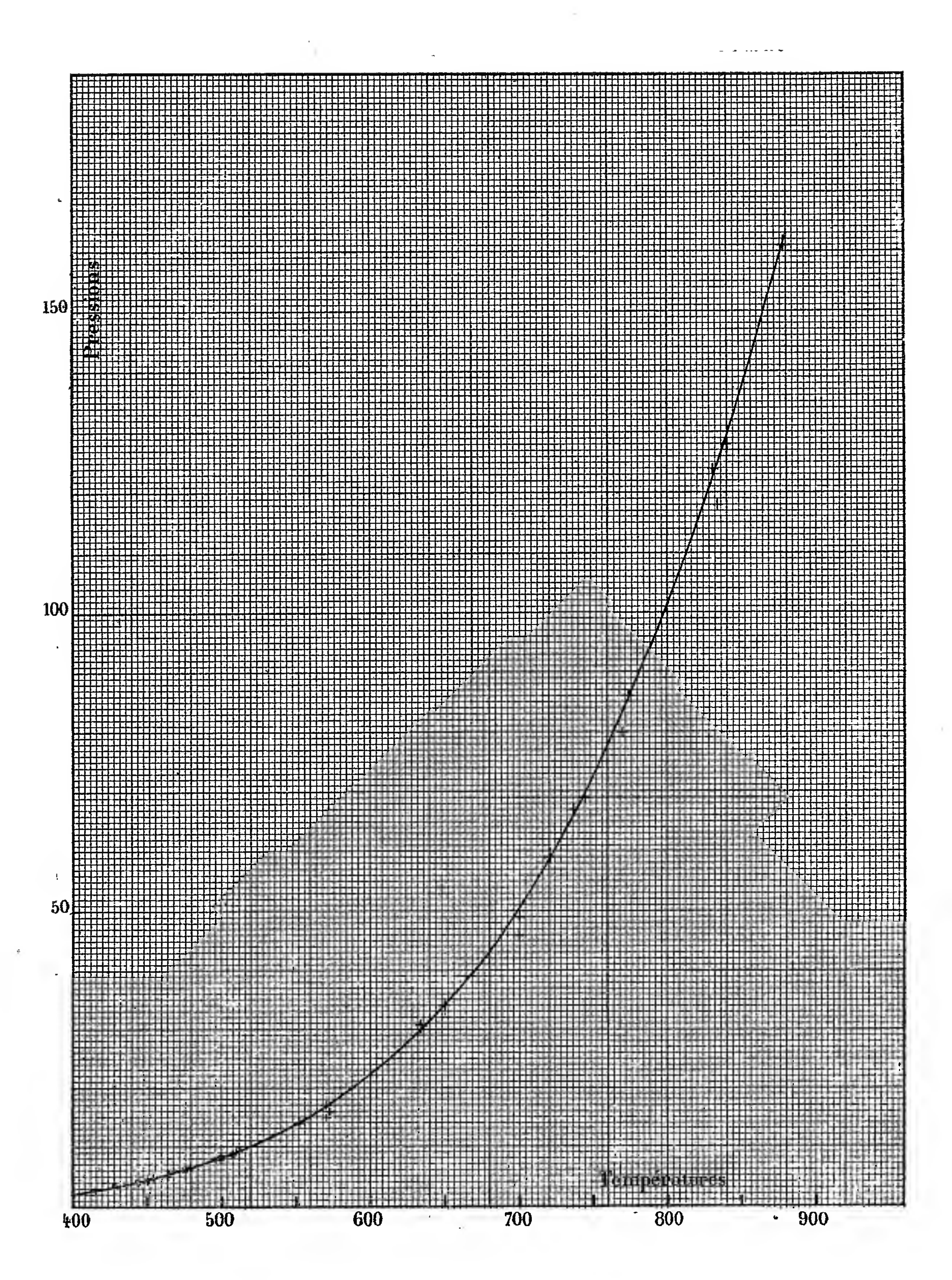
» La méthode est simple et précise; elle ne présente que quelques diffi-

Fig. 3.



cultés d'exécution que nous avons pu surmonter. Les résultats qu'elle nous a permis d'obtenir, plus réguliers que ceux des expériences de Regnault, ne présentent cependant pas avec ceux-ci de différence notable; ils concordent bien aussi avec les mesures faites avec notre premier appareil. Nous voyons donc, dans ce double accord, une justification de notre méthode.

» Nos recherches se trouvent représentées par la courbe ci-jointe. Elle résume les résultats des nombreuses séries dont chacune n'a fourni qu'un très petit nombre de points, en raison du temps nécessaire pour atteindre


Pressions
150
100
50
Températures
400
500
600
700
800
900

une température stationnaire et d'autres difficultés inhérentes à ce genre d'expériences.

» Les croix représentent nos déterminations; les petits cercles, celles de Regnault.

» Les principales ordonnées de la courbe ont les valeurs suivantes :

Températures.	Pressions.
°	atm
400	2,1
450	4,25
500	8
550	13,8
600	22,3
650	34
700	50
750	72
800	102
850	137,5
880	162

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur des éthers β-phényl et β-benzyl-α-alcoyloxy-α-cyanoacryliques*

$$C^6H^5 - COR = C\begin{cases}CAz\\ CO^2C^2H^5\end{cases}, \qquad C^6H^5 - CH^2COR = C\begin{cases}CAz\\ CO^2CH^3\end{cases}.$$

Note de MM. **A. Haller** et **G. Blanc**.

« Dans une Communication faite par l'un de nous (¹), il a été démontré que, lorsqu'on chauffe le sel argentique de l'éther acétocyanacétique avec des éthers iodhydriques, on obtient des combinaisons nouvelles

$$CH^3 - COR = C\begin{cases}CAz\\ CO^2C^2H^5\end{cases},$$

isomères avec les éthers $CH^3 - CO - C\begin{cases}CAz\\ CO^2C^2H^5\\ R\end{cases}$ de M. Held, et qui s'en distinguent par la facilité avec laquelle le complexe COR est saponifié

(¹) A. Haller, *Comptes rendus*, t. CXXX, p. 1221.

par la potasse pour régénérer l'éther primitif

$$CH^3 - CO - CH\diagup^{CAz} - CO^2C^2H^5.$$

» Bien que les éthers benzoyl et phénylacétylcyanacétiques se préparent comme les éthers acétocyanacétiques, et qu'ils aient d'une manière générale la même allure que ces derniers, ils en diffèrent cependant en ce que, sous l'influence de l'eau bouillante, ils se scindent nettement en acide carbonique, alcool et acétones cyanées (¹).

$$\underbrace{C^6H^5 - CO - CH\begin{cases}CAz\\CO^2C^2H^5\end{cases}}_{\text{Éther benzoylcyanacétique.}} + H^2O$$

$$= \underbrace{C^6H^5 - CO - CH^2CAz}_{\text{Cyanacétophénone.}} + CO^2 + C^2H^5OH.$$

» Aussi avons-nous cru devoir soumettre ces éthers, sous la forme de leurs sels argentiques, au même traitement que les éthers acétocyanacétiques.

» Les sels argentiques s'obtiennent par double décomposition entre les sels de soude des éthers et l'azotate d'argent. Le précipité est recueilli, lavé et desséché dans l'obscurité.

» *β-phényl-β-méthoxy-α-cyanacrylate d'éthyle :*

$$C^6H^5 - COCH^3 = C\begin{cases}CAz\\CO^2C^2H^5\end{cases}.$$

Dans un ballon muni d'un appareil à reflux, on chauffe, pendant six heures, 50gr de benzoylcyanacétate d'éthyle argentique délayé dans 200gr d'éther anhydre, avec 30gr d'iodure de méthyle. La réaction terminée, on essore la masse, on évapore et le résidu est purifié par une série de cristallisations dans un mélange d'éther et d'éther de pétrole. On obtient finalement des cristaux blancs fondant à 106°-107°, modérément solubles dans l'alcool, peu solubles dans l'éther, presque insolubles dans l'éther de pétrole.

» L'analyse de ce composé donne des chiffres correspondant à la formule $C^6H^5 - COCH^3 = C\begin{cases}CAz\\CO^2C^2H^5\end{cases}.$

(¹) A. Haller, *Comptes rendus*, t. CI, p. 1270.

» Quand on dissout cet éther dans un peu d'alcool et qu'on ajoute à la solution de l'ammoniaque aqueuse, le liquide s'échauffe et il se forme un précipité blanc cristallin d'un dérivé amidé fondant à 125°. Ce corps est insoluble dans l'eau, peu soluble dans l'éther, très soluble dans l'alcool. Il se forme en vertu de la réaction :

$$C^6H^5 - COCH^3 = C\begin{cases} CAz \\ CO^2C^2H^5 \end{cases} + AzH^3$$
$$= C^6H^5 - \underset{\underset{AzH^2}{|}}{C} = C\begin{cases} CAz \\ CO^2C^2H^5 \end{cases} + CH^3OH.$$

» *β-phényl-β-ethoxy-α-cyanacrylate d'éthyle :*

$$C^6H^5 - COC^2H^5 = C\begin{cases} CAz \\ CO^2C^2H^5 \end{cases}.$$

En substituant dans la préparation ci-dessus de l'iodure d'éthyle à de l'iodure de méthyle, on obtient l'homologue supérieur qui se présente sous la forme de cristaux tricliniques fondant à 86°.

» La solution alcoolique de ce corps, traitée par de la potasse, s'échauffe et se prend en masse par le refroidissement. Dissous dans l'eau, ce produit donne, par saturation avec de l'acide sulfurique, un précipité huileux qui ne tarde pas à se solidifier et qui n'est autre chose que de l'éther benzoylcyanacétique régénéré :

$$C^6H^5 - COC^2H^5 = C\begin{cases} CAz \\ CO^2C^2H^5 \end{cases} + KHO$$
$$= C^6H^5 - COCK\begin{cases} CAz \\ CO^2C^2H^5 \end{cases} + C^2H^5OH.$$

Soumis à l'action de l'ammoniaque dans les mêmes conditions que le produit méthylé, notre dérivé éthylé donne naissance à un composé aminé fondant à 125°, et qui est identique avec celui décrit plus haut.

» *β-phényl-β-propyloxy-α-cyanacrylate d'éthyle :*

$$C^6H^5 - COC^3H^7 = C\begin{cases} CAz \\ CO^2C^2H^5 \end{cases}.$$

Ce dérivé se prépare comme ses homologues inférieurs et possède les mêmes propriétés fonctionnelles. Il se présente sous la forme de cristaux blancs, fondant à 95°-96°, très solubles dans l'alcool, peu dans l'éther,

insolubles dans l'eau. Traité par l'ammoniaque, il fournit le dérivé aminé fondant à 125°.

» *Phénylacétylcyanacétate de méthyle :*

$$C^6H^5 - CH^2 - CO - CH\begin{cases} CAz \\ CO^2C^2H^5 \end{cases}$$

Ce composé a été préparé par la même méthode qui jadis a servi à l'un de nous ([1]) pour faire la synthèse du phénylacétylcyanacétate d'éthyle. On a traité de l'éther cyanacétique sodé par du chlorure de phénylacétyle et isolé le nouveau produit par la méthode ordinaire.

» On obtient de beaux cristaux insolubles dans l'eau, solubles dans l'alcool, l'éther, la benzine, et fondant à 61°.

» Le sel d'argent, obtenu par double décomposition entre le sel de soude et l'azotate d'argent, a été soumis à l'action de l'iodure de méthyle et de l'iodure d'éthyle dans les mêmes conditions que le dérivé argentique du benzoylcyanacétate d'éthyle. Il s'est formé dans les deux cas une huile incristallisable et indistillable, que la potasse aqueuse décompose en régénérant l'éther phénylacétylcyanacétique avec toutes ses propriétés.

» Cette saponification prouve que les huiles ainsi formées étaient respectivement constituées par les β-*benzyl*-β-*méthoxy et éthoxy*-α-*cyanacrylates de méthyle :*

$$C^6H^5 - CH^2 - COCH^3 = C\begin{cases} CAz \\ CO^2CH^3, \end{cases}$$

$$C^6H^5 - CH^2 - COC^2H^5 = C\begin{cases} CAz \\ CO^2CH^3. \end{cases}$$

» La réaction avec l'ammoniaque met du reste hors de doute l'existence de ces deux éthers. Quand on agite une solution alcoolique concentrée des deux huiles avec de l'ammoniaque, la liqueur s'échauffe et il se forme, dans les deux cas, un précipité blanc cristallin d'un même et unique corps fondant à 101°-102°. Ce corps constitue un dérivé amidé analogue à celui obtenu avec les éthers β-phényl-β-alcoyloxy-α-cyanacryliques. Il est très soluble dans l'alcool, peu soluble dans l'éther et prend naissance suivant l'équation

$$C^6H^5 - CH^2 - COR = C\begin{cases} CAz \\ CO^2CH^3 \end{cases} + AzH^3$$

$$= C^6H^5 - CH^2 - \underset{\underset{AzH^2}{|}}{C} = C\begin{cases} CAz \\ CO^2CH^3 \end{cases} + ROH.$$

([1]) A. Haller, *Comptes rendus*, t. CVII, p. 104.

» En résumé, malgré les différences constatées dans certaines propriétés, les éthers benzoyl et phénylacétylcyanacétiques se comportent, sous la forme de leurs dérivés argentiques, comme les sels d'argent des éthers acétocyanacétiques. Le complexe $-\mathrm{CO}\left\langle\begin{matrix}\mathrm{CAz}\\ \mathrm{CH}-\mathrm{CO^2R},\end{matrix}\right.$ dont l'existence dans ces éthers semble justifiée par leur synthèse même, prend sans doute la forme tautomère $-\mathrm{C}\left\langle\begin{matrix}\mathrm{CAz}\\ \mathrm{OH}=\mathrm{C}-\mathrm{CO^2R},\end{matrix}\right.$ dès que la fonction acide se trouve neutralisée par l'argent.

» Les recherches préliminaires faites avec les *dérivés sodés* des éthers acétocyanacétiques semblent, en effet, prouver que ces composés se comportent plutôt comme des sels sodiques de véritables éthers méthiniques renfermant le complexe $-\mathrm{CO}-\mathrm{C}\left\langle\begin{matrix}\mathrm{CAz}\\ \mathrm{Na}-\mathrm{CO^2R}.\end{matrix}\right.$

» La tautomérisation de ces éthers serait donc déterminée par l'introduction de l'argent dans ces molécules, et le rôle de ce métal serait assimilable à celui qu'il joue dans le cyanure d'argent qui, traité par des iodures alcooliques, donne des carbylamines et non des nitriles, comme l'ont montré les recherches classiques de M. A. Gautier. »

MÉMOIRES PRÉSENTÉS.

M. A. **Guépin** soumet au jugement de l'Académie un Mémoire ayant pour titre : « Symptômes méconnus de l'hypertrophie sénile de la prostate ».

(Renvoi à la Section de Médecine.)

CORRESPONDANCE.

M. **Boltzmann**, nommé Correspondant pour la Section de Mécanique, adresse ses remercîments à l'Académie.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Une « Histoire de la Faculté des Sciences de Rennes », par M. *L. Joubin*. (Présentée par M. Perrier.)

2° Un Ouvrage de M. *P. Wenjukow* sur « La faune des dépôts siluriens du gouvernement de Podolie, en Russie ». (Présenté par M. Fouqué.)

M. le **Ministre des Affaires étrangères** transmet à l'Académie une Note qui lui a été adressée par le Consul de France à Mexico.

« Le 19 décembre dernier, un tremblement de terre ouvrait une profonde crevasse à 2 milles au sud du *rancho* de Cardona, à l'ouest de la capitale de l'État de Colima. Cette crevasse ne fut découverte que récemment par un laboureur, et l'on s'est aperçu qu'elle donnait accès dans une galerie souterraine continuée par toute une série d'autres galeries plus longues et plus larges. Le sol en est formé d'une sorte de pâte minérale solidifiée, les voûtes sont décorées de sculptures en relief. Dans un angle d'une galerie du fond on a trouvé un monceau d'ossements humains, des objets en terre cuite et beaucoup d'idoles en pierre. »

ASTRONOMIE. — *Sur une photographie obtenue à l'observatoire d'Alger pendant l'éclipse totale de Soleil du* 28 *mai* 1900. Note de M. **Ch. Trépied**, présentée par M. Lœwy.

« La photographie dont j'ai l'honneur de présenter une épreuve positive à l'Académie a été prise pendant l'éclipse totale de Soleil du 28 mai dernier, dix secondes avant le commencement de la totalité, au moyen de l'équatorial photographique de $3^m,43$ de foyer, diaphragmé de manière à obtenir le rapport $\frac{1}{27}$ entre l'ouverture laissée libre et la distance focale. La durée de l'exposition a été de $\frac{5}{10}$ de seconde, cette durée s'est trouvée trop grande; par suite de l'excès de pose, l'image du petit segment solaire qui restait encore visible sur le bord de la Lune au moment de la photographie a subi le phénomène du renversement et est entourée d'un halo assez fort.

» Vers l'extrémité sud de l'arc lumineux, on voit les images de deux points de Baily renversées comme l'image de l'arc lui-même. Près de l'extrémité opposée de l'arc, on distingue les images de huit autres points de Baily, mais celles-là n'ont pas subi de renversement; elles se voient en positif sur l'épreuve positive.

» L'image de la chromosphère est très intense sur tout le contour du disque. On voit s'en détacher un très grand nombre de protubérances dont

l'une d'aspect très curieux, en forme de boucle. Parmi ces protubérances, il en est une dont la hauteur atteint près de 1 minute d'arc.

» Enfin, et c'est là le fait le plus remarquable, l'image de la couronne est venue, assez intense, sur cette photographie, jusqu'au voisinage de l'arc lumineux. Malgré la perte inévitable de détails éprouvée en passant du négatif au contre-type, les rayons polaires se distinguent nettement dans la région nord du disque. »

ASTRONOMIE. — *Sur la polarisation de la couronne du Soleil observée à Elche.* Note de M. P. Joubin.

« J'ai l'honneur de présenter à l'Académie des Sciences le résumé des observations qu'il m'a été donné de faire pendant l'éclipse totale du 28 mai, grâce à la libéralité de l'Université de Besançon. La mission qui m'a été confiée, dont je suis profondément reconnaissant à mes collègues, m'a été rendue particulièrement facile et agréable par l'accueil cordial et désintéressé des membres de la mission de Montpellier et Toulouse. MM. Meslin et Lebeuf, Bourget et Carrère ont bien voulu me faire partager l'hospitalité généreuse qu'ils avaient eux-mêmes reçue des autorités d'Elche : qu'il me soit permis d'adresser à tous mes plus sincères remercîments.

» Vu la courte durée de la totalité j'avais strictement limité mes recherches à l'étude qualitative de la polarisation des parties basses de la couronne. Par suite de considérations qu'il serait trop long d'exposer, j'avais été conduit à me demander si la lumière émise par la couronne, qu'on s'accorde à reconnaître comme partiellement polarisée dans une direction radiale, ne serait pas plutôt de la lumière elliptique; cette ellipticité pourrait, par exemple, s'expliquer par la biréfringence acquise par des vapeurs denses placées dans un champ électrique intense (phénomène de Kerr). Il est vrai que des expériences de laboratoire ne m'avaient donné que des résultats négatifs; mais je comptais que la grandeur des causes mises en jeu dans la nature me fournirait quelque effet appréciable.

» Mon instrument se composait, comme ceux de Prazmowski en 1860 et de Ranyard en 1870, d'une lunette à oculaire terrestre : au foyer commun de l'objectif et de l'oculaire on pouvait placer soit un biquartz de Soleil, soit un polariscope de Bravais (bilame d'une onde) donnant tous les deux la teinte sensible à travers un nicol convenablement disposé entre les deux

lentilles de l'oculaire, tous ces éléments étant solidaires les uns des autres.

» 1° *Biquartz*. — Quelques secondes furent employées au commencement de la totalité à vérifier les observations de Prazmowski et Ranyard : les deux plages du biquartz contiguës à la ligne de séparation apparurent teintes en vert toutes les deux, tant que cette ligne de séparation était sensiblement radiale. Il fallait l'incliner sur la normale au limbe d'un angle relativement considérable (10° peut-être) pour amener une opposition appréciable dans les teintes des deux plages contiguës; je me suis contenté d'ailleurs d'observer au voisinage de l'équateur solaire, c'est-à-dire sensiblement dans la direction moyenne des prolongements de la couronne; la partie inférieure de celle-ci était en dehors du champ.

» 2° *Bilame de Bravais*. — Je substituai rapidement le polariscope de Bravais au biquartz et recommençai la même étude. La ligne de séparation étant encore dans la direction de l'équateur solaire, les deux aires contiguës étaient encore colorées en vert comme précédemment, mais en vert plus pâle; la polarisation elliptique était donc insensible. Le résultat fut le même en tous les points du limbe compris entre l'équateur et un point que j'estime être à 15° ou 20° du pôle nord solaire, où les prolongements de la couronne semblaient venir se raccorder à l'anneau lumineux entourant le Soleil. Du voisinage de ce point les deux plages contiguës de la bilame commencèrent nettement à se différencier, l'une, celle de gauche, virant vers le jaune, l'autre vers le bleu, indiquant au moins une trace de polarisation elliptique; les mêmes apparences continuèrent à se présenter sur un parcours de quelques degrés sans variation appréciable. Malheureusement, cette étude délicate avait duré plus d'une minute (jamais minute ne me parut si courte!) et il me fut impossible soit de revenir sur mes pas, soit d'explorer l'autre côté du limbe solaire; je tenais à jouir pendant ces dernières secondes du spectacle inoubliable que présentait en ce moment la voûte céleste.

» 3° Entre le premier et le deuxième contact, je constatai nettement, au moyen d'un polariscope à franges, qu'à mesure que le disque solaire diminuait d'étendue, le point de polarisation maximum de l'horizon sud se transportait du sud-est vers le sud d'une quantité beaucoup plus grande que ne l'expliquerait le déplacement du Soleil et que j'évalue à 20° au moins.

» 4° Quelques minutes avant le deuxième contact, j'ai aperçu avec la

plus grande netteté, dans l'air, le bord sud de la colonne d'ombre venant du nord-ouest au-dessus des montagnes de Crevillente : on eût dit un rideau de pluie d'orage (l'autre bord était invisible pour moi). L'ombre même sur le sol a passé inaperçue pour moi, probablement à cause de la faible distance qui nous séparait des montagnes bornant l'horizon, distance parcourue par l'ombre en un temps à peu près inappréciable. »

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la méthode de Neumann et le problème de Dirichlet.* Note de M. **W. Stekloff**, présentée par M. Picard.

« Je suis d'accord avec M. A. Korn que pour démontrer la convergence de la série de Neumann il suffit de démontrer deux principes, énoncés par l'auteur dans sa Note du 7 mai 1900, et que la démonstration du premier principe peut être déduite de recherches de M. Poincaré (*Acta Mathem.*, t. XX).

» Mais je dis que *ces principes sont insuffisants pour établir la méthode de Neumann, indépendamment du principe de Dirichlet.*

» Il est nécessaire de démontrer non seulement la convergence de la série de M. Robin

$$V_1 = -\frac{1}{2\pi}\int\frac{\rho_0}{r}\,ds, \qquad V_k = -\frac{1}{2\pi}\int\rho_{k-1}\frac{1}{r}\,ds, \qquad \rho_k = \frac{\partial V_k}{\partial n}, \qquad \int\rho_0\,ds = 0,$$

mais la convergence de la série $\sum_{k=0}^{\infty}\rho_k$, ou l'inégalité

$$(1) \qquad |\rho_k| < K\lambda^k \qquad (\lambda < 1).$$

» *Voilà en quoi consiste la difficulté principale de la démonstration rigoureuse de la méthode de Neumann.*

» Cette inégalité étant démontrée, il n'y aura pas d'aussi grandes difficultés à surmonter pour résoudre *tous les problèmes fondamentaux* de la Physique mathématique et, en particulier, le problème de Dirichlet par la méthode de Neumann.

» Dans ce but, j'ai modifié la méthode de M. Robin et j'ai réussi d'abord, en 1897, à démontrer l'inégalité (1) pour les surfaces convexes (*Comptes endus*, 13 déc. 1897).

» Un an après, M. Liapounoff a démontré cette inégalité pour toute sur-

face, satisfaisant aux conditions assez générales, pourvu que *le principe de la méthode de Neumann lui soit applicable.*

» En étudiant la question dont il s'agit, j'ai remarqué que la méthode de M. Liapounoff n'exige la démonstration du principe de Neumann que dans ce cas particulier, quand dans la suite des fonctions

$$V_k = \frac{1}{2\pi}\int V_{k-1}\frac{\cos\varphi}{r^2}\,ds \qquad (k=2,3,\ldots),$$

la fonction initiale V_1 est égale à $\int \frac{\rho_0}{r}\,ds$.

» J'ai établi en même temps qu'on peut démontrer ce cas particulier du *principe de Neumann* [1] et, d'après le théorème de M. Liapounoff, l'inégalité (1) indépendamment du principe de Dirichlet, et j'ai exposé mon analyse dans la Note du 6 mars 1899.

» On voit maintenant pourquoi j'ai donné à cette Note le titre : « Sur les problèmes *fondamentaux*, etc. », pourquoi je considère les recherches de mes dernières Notes (du 12 et 19 février 1900) comme de simples conséquences de celles de la Note du 6 mars 1899.

» C'est pourquoi je regarde la démonstration de l'inégalité

$$|W_j| \leqq a\lambda^j$$

comme la partie la plus importante dans les recherches de M. A. Korn et le reste de ma démonstration de la méthode de Neumann, exposé dans la Note du 12 février 1900, comme différent de celle de M. Korn.

» Il n'y a pas de différence seulement dans les détails, mais dans un point essentiel : j'emploie l'inégalité (1), *indispensable pour la solution rigoureuse du problème dont il s'agit.*

» Quant à la dernière remarque de M. A. Korn, il a raison : le commentaire est nécessaire.

» Soit f une fonction continue sur la surface donnée (S). En posant

$$f = \sum_{s=1}^{\infty} P_s,$$

on trouve

$$U_s = \sum_{k=1}^{\infty} u_{k,s}, \qquad u_{k,s} = \frac{(-1)^{k-1}}{2}\left(W_k^{(s)} - W_{k-1}^{(s)}\right).$$

(1) Voir les égalités (3) de ma Note du 6 mars 1899. On peut les trouver aussi dans ma Note du 13 décembre 1897.

Soit P un point intérieur situé sur la normale à (S) au point p, soit $pP = \delta$.

» On peut démontrer, à l'aide de l'inégalité (1), que

$$\sigma_s = \sum |U_{k,s}| < \varepsilon_s \frac{Q}{\delta},$$

ε_s étant le maximum de $|P_s|$, Q étant une constante positive.

» La série $\sum_{s=1}^{\infty} \sigma_s$ étant convergente, on trouve, d'après le théorème connu,

$$(2) \begin{cases} U = \sum U_s = \frac{1}{2} \sum_{s=1}^{\infty} \sum_{k=1}^{\infty} (-1)^{k-1} (W_k^{(s)} - W_{k-1}^{(s)}) \\ \quad = \frac{1}{2} \sum_{k=1}^{\infty} \sum_{s=1}^{\infty} (-1)^{k-1} (W_k^{(s)} - W_{k-1}^{(s)}) = \frac{1}{2} \sum_{k=1}^{\infty} (-1)^{k-1} (W_k - W_{k-1}). \end{cases}$$

» Cette égalité a lieu pour tout point P, intérieur à (S). La fonction U, étant harmonique à l'intérieur de (S), tend vers f, quand P tend vers p. Il en est de même de la *somme* de la série (2). Pour exclure des malentendus il faudrait écrire

$$f = \frac{1}{2} \left[\sum (-1)^{k-1} (W_k - W_{k-1}) \right]_i,$$

au lieu de l'égalité

$$f = \frac{1}{2} \sum (-1)^{k-1} (W_{k.i} - W_{k-1.i}),$$

qui n'a qu'un sens formel. Encore une remarque pour finir. *L'existence des dérivées de la fonction f ne joue aucun rôle essentiel dans la démonstration de la méthode de Neumann.* Cette démonstration reste parfaitement rigoureuse, comme je l'ai montré dans ma Note du 19 février 1900, si la fonction continue f satisfait à une seule condition [voir l'inégalité (δ) de la Note citée],

$$|f - f_0| < a\rho^{\beta+1} \qquad (\beta < 1).$$

» Dans ce cas général, *on peut présenter la solution du problème de Dirichlet sous la forme du potentiel de la double couche à l'intensité convenablement choisie.* »

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la classe des groupes finis continus primitifs de transformations de Lie.* Note de M. **Edmond Maillet**, présentée par M. Appell.

« *Définitions.* — Nous dirons qu'un groupe est *transitif* quand il permute transitivement tous les points P n'appartenant pas à une multiplicité de l'espace R_n ou $(x_1 \ldots, x_n)$. Ces points sont dits *de position générale* (allgemeiner Lage). Il sera k fois transitif quand il permettra de remplacer à la fois k des points P, arbitrairement choisis, n'appartenant pas à une certaine multiplicité par k de ces points arbitrairement choisis.

» Un groupe sera k fois *complètement transitif* quand il permettra de remplacer k quelconques des points qu'il déplace par k quelconques des points qu'il déplace.

» Un sous-groupe transitif d'un groupe G complètement transitif qui laisse invariable un certain nombre des points déplacés par G ne formant pas (formant) une multiplicité sera dit *sous-groupe transitif de première espèce* (*de deuxième espèce*) de G.

» Ceci posé on a les théorèmes suivants :

» I. *Quand un groupe* G *est deux fois complètement transitif, ou s'il est complètement transitif et si le groupe* H *des transformations de* G *laissant un point de position générale de* G *immobile est un sous-groupe de* G *transitif et de première espèce,* G *est primitif.*

» II. *Si un groupe* G *est* k *fois complètement transitif, le sous-groupe* K *des transformations de* G *laissant* t *points immobiles* ($t < k$) *est* $k - t$ *fois complètement transitif.*

» III. *Si un groupe* G *est complètement transitif, et s'il contient un sous-groupe* K *complètement primitif de deuxième espèce,* G *est complètement primitif.*

» IV. *Un groupe primitif* G *tel que l'ensemble des transformations de* G *laissant un point de position générale immobile forme un groupe primitif, a sa classe* $\leqq 2$. *Si* G *est trois fois complètement transitif, sa classe est* $\leqq 2$.

» V. *Un groupe* G *pour lequel les valeurs des paramètres du sous-groupe des transformations laissant un point de position générale immobile restent finies, ne peut être deux fois transitif.*

» VI. *Le groupe de transformations dérivé d'un groupe régulier* G (*c'est-à-dire à* n *variables et* n *paramètres essentiels*) *et de son groupe réciproque ou*

conjoint Γ *est un groupe primitif à la condition nécessaire et suffisante que* G *soit simple* ([1]).

» VII. *La condition nécessaire et suffisante pour que le groupe dérivé* F *d'un groupe régulier* G *et de son conjoint ou réciproque* Γ *renferme un groupe à un paramètre dont les transformations finies laissent invariable un élément de multiplicité plane à* t *degrés de liberté, et non à* $t+1$, *passant par un point de position générale, est que* G *renferme une transformation infinitésimale telle que le sous-groupe des transformations de* G *qui lui sont échangeables soit d'ordre* t.

» VIII. *Le groupe* F *dérivé d'un groupe regulier* G *et de son conjoint ou réciproque* Γ *est de classe* 1 *pour tout point de position générale quand* $G \neq \Gamma$, *et* 0 *si* $G = \Gamma$, *c'est-à-dire si* G *est formé de substitutions échangeables.*

» IX. *Un groupe fini continu de degré* n *ne contient, aux environs du point de position générale* Q_0, *aucune transformation infinitésimale* X *telle que les transformations finies de* X *changent toute courbe passant par* Q_0 *en une courbe ayant avec elle en ce point un contact d'ordre superieur à* $2n$.

» *S'il est de classe* s *aux environs de* Q_0, *il contient au moins une transformation infinitésimale* X *telle que les transformations finies de* X *changent toute courbe générale passant par* Q_0 *en une courbe ayant avec elle en ce point un contact d'ordre* $s-1$.

» Ce qui précède peut conduire à préciser davantage la définition de la classe des groupes de transformations, par analogie avec celle de la classe des groupes de substitutions. »

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les logarithmes des nombres algébriques.* Note de M. **Carl Störmer**, présentée par M. Jordan.

« Dans un Mémoire qui va paraître bientôt dans le *Bulletin de la Société mathématique*, j'ai démontré quelques propriétés arithmétiques des logarithmes des nombres algébriques, dont je vais donner un court résumé ici.

([1]) Voir Frattini, *Atti della R. A. dei Lincei* (*Rendiconti*, 19 marzo 1893) et nos Mémoires ci-après : *Thèse de Doct.*, p. 31; *Quart. Journ. of Math.*, p. 119; 1894; et *Mém. des Sav. étrangers*, t. XXXII, n° 8, p. 53.

La propriété VII est l'équivalente d'une propriété analogue des groupes G de substitutions dérivés d'un groupe régulier et de son conjoint. Le nombre t correspond au nombre $N-u$ de lettres laissées immobiles par une substitution de G.

» Soit α un nombre incommensurable positif. Développons α en fraction continue illimitée

$$\alpha = a_0 + \cfrac{1}{a_1 + \cfrac{1}{a_2 + \cdots + \cfrac{1}{a_n + \cdots}}},$$

où a_0 est entier positif ou nul, et où les a_n sont tous entiers positifs. Appelons $\frac{P_n}{Q_n}$ la $n^{\text{ième}}$ réduite de cette fraction continue, de manière que

$$\begin{array}{lllll} P_1 = a_0, & P_2 = a_1 a_0 + 1, & \ldots, & P_{n+1} = a_n P_n + P_{n-1}, & \ldots. \\ Q_1 = 1, & Q_2 = a_1 & \ldots, & Q_{n+1} = a_n Q_n + Q_{n-1}, & \ldots. \end{array}$$

» Comme on le sait, la première démonstration de l'existence des nombres transcendants, due à Liouville [1], est basée sur une propriété remarquable des nombres a_m dans le cas où α est algébrique. En effet, si α est racine d'une équation algébrique à coefficients entiers et de degré r, on aura

$$(1) \qquad a_n < M Q_n^{r-2},$$

où M est une constante qui ne dépend pas de n.

» J'ai trouvé une propriété analogue pour les logarithmes des nombres algébriques. En effet, j'ai démontré le théorème suivant :

» *Soient* A *et* B *deux nombres algébriques positifs et* > 1 *et tels que*

$$\alpha = \frac{\log A}{\log B}$$

soit incommensurable. Développons α *en fraction continue illimitée. En conservant les mêmes notations qu'auparavant, on aura l'inégalité suivante :*

$$(2) \qquad a_n < k \frac{N^{Q_n}}{Q_n},$$

où k *et* N *sont des nombres fixes dépendant seulement de* A *et de* B *et indépendants de* n.

» Ainsi, quand A et B sont entiers, on peut poser

$$k = B^2 \log B, \qquad N = A,$$

---

[1] Voir *Journal de Liouville*, t. XVI.

en désignant par $\log B$ le logarithme népérien de B. Observons que si $B = 10$, α est le *logarithme vulgaire* du nombre algébrique A.

» De ce théorème on peut tirer des conséquences intéressantes pour la théorie des nombres transcendants. En effet, si l'on forme une fraction continue où les nombres entiers positifs a_n satisfont à l'inégalité

$$a_n \geqq F(n),$$

où $F(n)$ croît plus vite que le second membre de l'inégalité (2), et cela quelles que soient les constantes k et N, les inégalités (1) et (2) finissent par être impossibles pour n assez grand. *Par conséquent la valeur de la fraction continue correspondante sera un nombre transcendant qui ne sera pas égal à un nombre de la forme*

$$\frac{\log A}{\log B},$$

A *et* B *étant des nombres algébriques positifs. Par conséquent ce nombre transcendant ne sera pas non plus égal au logarithme vulgaire d'un nombre algébrique positif.* Pour construire un tel nombre il suffit, par exemple, de poser

$$a_n = n^{Q_n}.$$

» *A priori*, l'existence de pareils nombres transcendants découle immédiatement des recherches de Cantor (¹). En effet, il a démontré que l'ensemble des nombres algébriques est dénombrable. Comme l'ensemble des nombres de la forme $\frac{\log A}{\log B}$, A et B étant algébriques, est également dénombrable, il s'ensuit qu'il reste encore une infinité non dénombrable de nombres transcendants de la propriété énoncée.

» Le même procédé peut être appliqué aux nombres des formes

$$\frac{\operatorname{arc\,tang} A}{\operatorname{arc\,tang} B}, \quad \frac{\operatorname{arc\,sin} A}{\operatorname{arc\,sin} B}, \quad \frac{\displaystyle\int_0^A \frac{dx}{\sqrt{(1-x^2)(1-k^2x^2)}}}{\displaystyle\int_0^B \frac{dx}{\sqrt{(1-x^2)(1-k^2x^2)}}}, \quad \ldots,$$

et à une infinité d'autres. »

(¹) *Journal de Crelle*, t. 77.

PHYSIQUE. — *Sur les points anguleux des courbes de solubilité.* Note de M. H. Le Chatelier, présentée par M. Carnot.

« Dans mes études antérieures sur la dissolution, j'ai montré qu'à tout changement dans la nature du corps cristallisé en équilibre avec le liquide correspond un changement brusque dans la direction de la courbe de solubilité, c'est-à-dire un point anguleux. Cette loi ne comporte pas d'exception.

» Il existe deux catégories distinctes de points anguleux semblables :

» Les uns correspondent à un changement allotropique ou à un changement d'hydratation du corps considéré. Dans ce cas, comme je l'ai déjà démontré, le rapport des tangentes trigonométriques des deux branches de la courbe est égal au rapport des chaleurs latentes de dissolution des deux variétés du corps cristallisé.

» La seconde catégorie des points anguleux correspond au changement réciproque des deux corps de la dissolution. Ce sont les points *eutectiques* de Guthrie; leur température est la plus basse à laquelle la dissolution puisse exister. Je veux démontrer qu'il existe encore une relation simple entre les tangentes trigonométriques des deux branches de la courbe qui viennent se couper en ce point.

» Pour cette démonstration, je pars du principe fondamental de l'énergétique que toute transformation réversible infiniment petite d'un système en équilibre met en jeu une quantité de puissance motrice (travail) infiniment petite du second ordre. Je considère une dissolution composée des deux corps (1) et (2) prise à son point eutectique et je la suppose en relation avec un milieu indéfini à la même pression et à la même température en astreignant celui-ci à subir à chaque instant des variations de volume et d'entropie égales et de signe contraire à celles de la dissolution considérée.

» Il suffit pour cela d'établir la relation mécanique entre les deux parties du système au moyen d'un piston libre dont le fonctionnement assure l'égalité et, par suite, l'invariabilité des pressions; la relation thermique, au moyen d'une machine de Carnot, qui permet, avec une dépense extérieure de travail, de faire varier d'une façon réversible la température de la dissolution en empruntant ou rendant exclusivement la chaleur au milieu indéfini à température constante. L'expression bien connue du

travail ainsi dépensé pour ce déplacement de chaleur est

$$d\varpi = \frac{dq}{t}(t - t_0).$$

» Considérons alors le cycle d'opérations suivantes, en partant de la dissolution prise à son point eutectique :

» 1° Refroidissement de la dissolution à la température $t_0 - \Delta t_1$ en laissant cristalliser le corps (1) et supposant le corps (2) resté à l'état de sursaturation ;

» 2° Réchauffement de la dissolution et du corps cristallisé, séparés l'un de l'autre jusqu'à la température initiale t_0 ;

» 3° Réchauffement ultérieur de la dissolution seule jusqu'à la température $t_0 + \Delta t_1$ à laquelle elle est en équilibre avec le corps (2);

» 4° Refroidissement en laissant cette fois cristalliser le corps (2) jusqu'à la température initiale t_0.

» La dissolution revient alors à sa composition primitive et les quantités des deux corps qui ont successivement cristallisé, sont proportionnelles aux quantités s_1 et s_2 qui existent dans la dissolution.

» La puissance mise en jeu pour effectuer les opérations 1° et 2° a pour expression, en appelant L_1 la chaleur de dissolution de l'unité de masse du corps (1), et c_1, c'_1 la chaleur spécifique de la dissolution et du corps cristallisé pris ensemble pour deux périodes correspondantes pendant l'échauffement et le refroidissement,

$$\Delta\varpi_1 = \int_{t_0 - \Delta t_1}^{t_0} \frac{c_1 - c'_1}{t}(t - t_0)\,dt + \int_{t_0 - \Delta t_1}^{t_0} \frac{L_1\,dm_1}{t}(t - t_0),$$

ou, en remarquant d'après le principe de l'état initial et final que

$$(c_1 - c'_1)\,dt = m_1\,dL_1,$$

il vient

$$\Delta\varpi_1 = \int_{t_0 - \Delta t_1}^{t_0} \frac{d(m_1 L_1)}{t}(t - t_0)$$

et en appelant Δm_1 la quantité du corps (1) qui a cristallisé par l'abaissement de température Δt_1,

$$\Delta\varpi_1 = \int_{t_0 - \Delta_{01}}^{t_0} \frac{\Delta m_1}{\Delta t_1} L_1 \frac{t - t_0}{t} = \frac{1}{2}\,\frac{L_1\,\Delta m_1\,\Delta t_1}{t_0}.$$

On trouverait de même pour la seconde moitié du cycle

$$\Delta\varpi_2 = -\frac{1}{2}\frac{L_2 . \Delta m_2 . \Delta t_2}{t_0}.$$

La somme de ces deux quantités doit être nulle, ce qui donne la relation

$$\frac{L_2 \Delta m_2}{L_1 \Delta m_1} = \frac{\Delta t_2}{\Delta t_1};$$

mais nous avons vu plus haut que Δm_1 et Δm_2 sont proportionnels aux quantités des deux corps s_1 et s_2 existant dans la dissolution. D'autre part, on voit, à la simple inspection des courbes de solubilité, que le rapport $\Delta t_2 : \Delta t_1$ est égal au rapport inverse des tangentes trigonométriques. C'est-à-dire

$$L_2 s_2 : L_1 s_1 = \frac{ds_2}{dt} : \frac{ds_1}{dt}.$$

» *Au point eutectique, les tangentes trigonométriques des deux courbes sont dans le rapport des chaleurs latentes de dissolution de poids des deux corps égaux à ceux qui se trouvent dans la solution saturée.*

» Cette loi comprend comme cas particulier celle que j'avais précédemment établie pour les points anguleux correspondant à un changement allotropique.

» En rapprochant cette loi de la formule de solubilité

$$\delta \frac{ds}{s} = 500 \frac{L\,dt}{t^2},$$

on voit que *la valeur du coefficient* δ (appelé depuis par M. Van t' Hoff coefficient i) *est la même pour deux corps différents pris à leur point eutectique*. On pourrait, du reste, démontrer directement cette propriété en partant de la valeur de ce coefficient δ en fonction des tensions de vapeur f,

$$\delta = d\left(\log \frac{f}{s}\right)$$

et faisant sur la puissance motrice un raisonnement semblable à celui qui a été employé plus haut. »

ÉLECTRICITÉ. — *Sur la distribution électrique le long d'un résonateur de Hertz en activité.* Note de M. **Albert Turpain**, présentée par M. Mascart.

« Dans une communication précédente ([1]) j'ai indiqué une méthode d'observation de l'état électrique le long d'un résonateur filiforme circulaire de Hertz, méthode qui consiste à enfermer le résonateur dans un tube de verre à l'intérieur duquel l'air est convenablement raréfié.

» J'ai appliqué cette méthode à l'étude d'un résonateur à deux spires et d'un résonateur à deux micromètres.

» *Résonateur à deux spires.* — Ce résonateur est constitué par un fil d'aluminium disposé suivant l'axe d'un tube de verre qui est recourbé de façon à former deux spires circulaires. Les deux extrémités du fil d'aluminium aboutissent aux pôles d'un micromètre placé à l'extérieur du tube de verre. Le résonateur est disposé de telle sorte que le plan des spires est perpendiculaire à la direction des fils qui concentrent le champ. Le rayon du résonateur qui passe par le micromètre est normal au plan des fils.

» On constate que la luminescence qui se produit autour du fil d'aluminium est d'autant plus vive que le micromètre est plus ouvert. Elle intéresse de part et d'autre du micromètre des arcs de 180° environ. Le reste du résonateur est obscur. La luminescence cesse dès qu'on ferme le micromètre.

» *Résonateur à deux micromètres.* — Ce résonateur est formé par deux tiges métalliques semi-circulaires placées à l'intérieur de tubes de verre en forme de demi-circonférences. L'air que contient les tubes a été convenablement raréfié. Chaque tige porte à l'une de ses extrémités une vis micrométrique qui vient buter contre l'extrémité libre de l'autre tige. Le résonateur est ainsi muni de deux micromètres diamétralement opposés. La course des vis micrométriques est de longueur telle qu'elle permet de produire une coupure dans la région occupée par chaque micromètre. Le plan du résonateur est perpendiculaire à la direction des fils de concentration du champ et le diamètre qui passe par les micromètres est normal au plan des fils. On désignera par m celui des deux micromètres situé au-dessus de ce plan et par μ le second micromètre.

» On constate les phénomènes suivants :

» 1° *m et μ sont fermés.* — On n'observe aucune luminescence.

» 2° *m est peu ouvert et μ est fermé.* — On aperçoit une étincelle au micromètre m accompagnée d'une faible luminescence des parties des arcs voisines de m.

» 3° *m est très ouvert et μ est fermé.* — L'étincelle n'éclate plus en m qui est

---

([1]) *Sur l'état électrique d'un résonateur de Hertz en activité* (*Comptes rendus,* 5 juin 1900).

devenu une coupure. La luminescence est très vive et intéresse une partie notable (120° environ) des arcs aboutissant en *m*.

» 4° *m est très ouvert et l'on ouvre graduellement* μ. — La luminescence diminue lorsqu'on fait croître l'ouverture du micromètre μ. Elle cesse dès qu'aucune étincelle n'éclate plus entre les pôles du micromètre μ.

» 5° *m et* μ *sont peu ouverts.* — Si les deux micromètres sont ouverts de manière que des étincelles éclatent à l'un et à l'autre, la luminescence se manifeste tantôt le long de portions d'arcs avoisinant *m*, tantôt le long de portions d'arcs avoisinant μ. La luminescence qui accompagne l'une des deux étincelles indique celui des deux micromètres qui fonctionne comme coupure.

» 6° *m* et μ sont très ouverts. Les deux micromètres forment alors deux coupures. On n'observe aucune luminescence.

» On peut interpréter les expériences décrites ci-dessus ainsi que celles relatées dans la Communication précédente en admettant qu'un résonateur en activité est le siège d'un courant électrique oscillatoire cheminant alternativement d'une des extrémités du résonateur vers l'autre.

» Si l'on désigne les extrémités de la coupure formée par le micromètre par A et B, le courant chemine de A vers B pendant une demi-période et de B vers A pendant la demi-période suivante.

» Les valeurs successives de la densité électrique en A et B sont les suivantes :

Temps.	Densité en A.	Densité en B.
o	$+\sigma$	$-\sigma$
$\frac{T}{4}$	o	o
$\frac{T}{2}$	$-\sigma$	$+\sigma$
$\frac{3T}{4}$	o	o
T	$+\sigma$	$-\sigma$

» Au point M, également distant de A et de B, la densité électrique reste constamment nulle.

» Si la coupure est assez grande pour qu'aucune étincelle ne puisse la traverser, la densité électrique acquiert en A et en B, à la fin de chaque demi-période, la plus grande valeur possible (valeur absolue). La luminescence est la plus vive.

» Si l'on diminue la grandeur de la coupure de telle sorte qu'une étincelle éclate entre A et B, la valeur maximum que prend la densité électrique en A et en B est $\sigma' < \sigma$ et la luminescence devient moins vive.

» Si l'on ferme complètement la coupure, aucun courant ne circule plus dans le circuit fermé que présente le résonateur. La densité électrique est nulle en tout point de ce circuit à chaque instant. Aucune luminescence ne se manifeste.

» Si une coupure AB existe dans le résonateur et si l'on ouvre progressivement un micromètre placé en M, l'étincelle qui se manifeste en M et qu'une luminescence voisine n'accompagne pas doit être attribuée au passage du courant cheminant alternativement de A vers B et de B vers A. On conçoit que la présence du micromètre ouvert en M abaisse la valeur maximum qui limite la variation de densité en A et en B. La luminescence au voisinage de A et de B doit donc diminuer par l'ouverture d'un micromètre situé en M.

» Tant qu'une étincelle peut jaillir en M, le courant peut circuler entre A et B; la luminescence s'observe au voisinage de A et de B et présente une intensité plus ou moins grande. Dès que l'ouverture du micromètre en M est telle qu'on n'observe plus d'étincelle, le courant ne peut plus s'établir entre A et B. La présence de la seconde coupure M doit faire cesser tout phénomène de luminescence.

» Si la coupure AB et l'ouverture du micromètre en M sont égales et susceptibles l'une et l'autre de permettre la production d'étincelles, il peut arriver que l'étincelle éprouve une plus grande difficulté à se produire à l'une des interruptions qu'à l'autre; cela peut avoir lieu tantôt à l'une, tantôt à l'autre des interruptions. La plus résistante des interruptions jouera le rôle de coupure. Les portions des conducteurs qui y aboutissent seront entourées de luminescence, tandis que la seconde interruption (la moins résistante) sera seulement le siège d'une étincelle due au courant circulant dans le résonateur. Ainsi se marque la différence qui existe entre l'étincelle qui éclate au micromètre d'un résonateur complet et l'étincelle qui éclate au micromètre d'un résonateur à coupure.

» En résumé, si l'on conçoit le mouvement électrique hypothétique le long d'un résonateur filiforme en activité à la manière dont se produit le mouvement de l'air dans un tuyau sonore, le résonateur peut être comparé à un tuyau sonore fermé à ses deux extrémités et présentant dans sa longueur deux concamérations.

» Le résonateur doit être considéré comme présentant un ventre de vibration au milieu de sa longueur et deux nœuds de signes contraires à ses deux extrémités.

» On admet dans cette interprétation que la luminescence produite dans le tube à air raréfié qui contient le résonateur est la plus vive aux nœuds et qu'elle est nulle aux ventres de vibration [1]. »

---

(1) Ces expériences ont été faites à la Station centrale d'électricité de Bordeaux-les-Chartrons.

PHYSIQUE. — *Les modifications permanentes des fils métalliques et la variation de leur résistance électrique* [1]. Note de M. **H. Chevallier**, présentée par M. J. Violle.

« J'ai montré, dans une précédente communication [2], que la résistance électrique d'un alliage de platine et d'argent variait beaucoup avec son état de trempe ou de recuit.

» Si l'on soumet un fil de cet alliage à un certain nombre de perturbations à la température T_2, alternant avec des séries d'oscillations entre deux températures plus basses T_0 et T_1, qui seront toujours les mêmes [$T_0 = 15^{\circ}$ et $T_1 = 150^{\circ}$], sa résistance mesurée à la température T_0 tend vers une limite appelée *limite des limites* relative à la température T_2.

» Cette limite des limites R_l subit de très grands déplacements lorsque la température T_2 varie jusqu'à la température du rouge vif et les variations de R_l affectent une forme caractéristique, qui n'est pas tout à fait la même pour les fils trempés et pour les fils recuits.

» L'étude de ces déplacements de la limite des limites fait l'objet du présent travail.

» *I. Fil trempé. La température* T_2 *va en croissant.* — Le fil, chauffé à 700° pendant environ dix minutes, est refroidi dans l'air. Son diamètre étant très faible ($d = 0^{mm},64$) le refroidissement est très rapide; le fil est trempé.

» Sa résistance initiale, à 15°, est : $R_{15} = 1^{\omega},00720$.

» Si l'on cherche les valeurs de R_l correspondant à des valeurs croissantes de T_2 à partir d'une température peu élevée, $T_2 = 180^{\circ}$ par exemple, on trouve que R_l passe par un maximum vers 320°, par un minimum vers 475°, puis augmente régulièrement jusqu'à 700°.

» Voici quelques-uns des chiffres obtenus :

$T_2 = 180^{\circ}$	$R_l = 1^{\omega},00690$
$T_2 = 320^{\circ}$	$R_l = 1^{\omega},00901$
$T_2 = 475^{\circ}$	$R_l = 1^{\omega},00271$
$T_2 = 700^{\circ}$	$R_l = 1^{\omega},00720$

» A 700°, le fil trempé est régénéré; sa résistance électrique a la même valeur qu'au début.

---

[1] Travail du Laboratoire de Physique expérimentale de la Faculté des Sciences de Bordeaux.

[2] *Comptes rendus*, 15 janvier 1900.

» En effectuant à nouveau la même série d'opérations, on retrouve exactement les mêmes résultats. La limite des limites passe toujours par le même maximum à 320° et par le même minimum à 475°.

» Si l'on traduit ces résultats par une courbe en prenant les R_l comme ordonnées et les T_2 comme abscisses, on obtient une ligne dont le maximum et le minimum sont très marqués.

» II. *Fil trempé. La température* T_2 *va en décroissant.* — Si, partant du fil trempé à 700°, on cherche les valeurs de R_l correspondant à des températures T_2 de moins en élevées, on obtient les résultats suivants :

$$T_2 = 460° \qquad R_l = 1^{\omega},00161$$
$$T_2 = 320° \qquad R_l = 1^{\omega},00360$$
$$T_2 = 200° \qquad R_l = 1^{\omega},00340$$

» A mesure que T_2 décroit, R_l passe successivement par un minimum vers 460°, par un maximum vers 320°, puis décroît jusqu'à 200°. Dans ce cas la courbe des R_l est analogue à la précédente; elle est toutefois plus aplatie et située tout entière au-dessous de celle-ci.

» Il est à remarquer que cette série de perturbations décroissantes a eu pour effet de recuire le fil.

» III. *Fil recuit. La température* T_2 *va en croissant.* — Si l'on fait alors croître T_2 depuis 200° jusqu'à 700°, la limite des limites R_l passe par les valeurs suivantes :

$$T_2 = 320° \qquad R_l = 1^{\omega},00378$$
$$T_2 = 460° \qquad R_l = 1^{\omega},00103$$
$$T_2 = 700° \qquad R_l = 1^{\omega},00720$$

» La courbe de ces résultats indique encore un maximum vers 320° et un minimum vers 460°.

» Cette ligne diffère peu de la précédente. D'abord située au-dessus d'elle, elle la coupe, passe au-dessous et vient de nouveau la rencontrer à 700°.

» Les trois lignes ainsi obtenues ont la même allure; elles présentent toutes trois un maximum vers 320°-330° et un minimum vers 460°-475°.

» Aucune d'elles n'est réversible. Si l'on essaie, après avoir parcouru une partie de l'une d'elles, de revenir en arrière, la *ligne de retour* ne se superpose pas à la *ligne d'aller*.

» Dans la zone I (au-dessous de 320°), la ligne de retour est au-dessus de la ligne d'aller. En effectuant une série de perturbations alternativement croissantes et décroissantes, l'élévation de R_l devient de plus en plus faible.

» Dans la zone II (comprise entre 320° et 460°), la ligne de retour est au-dessous de la ligne d'aller.

» Si l'on continue à faire décroître T_2, on retombe dans la zone I en passant par un maximum qui correspond encore à 320° :

$T_2 = 320°$	$R_t = 1^{\omega},00378$
$T_2 = 390°$	$R_t = 1^{\omega},00180$
$T_2 = 320°$	$R_t = 1^{\omega},00310$
$T_2 = 200°$	$R_t = 1^{\omega},00300$

» Dans la zone III (comprise entre 460° et 700°), la ligne de retour est légèrement au-dessous de la ligne d'aller.

» Lorsqu'on opère sur un fil recuit, l'abaissement est à peine sensible.

» Dans cette zone les fils présentent très peu d'hystérésis. »

PHYSIQUE. — *Sur les rayons cathodiques* [1].
Note de M. **P. Villard**, présentée par M. J. Violle.

» J'ai montré dans un travail antérieur [2] qu'aux points où une cathode émet des rayons cathodiques, il se produit un dégagement de chaleur considérable, résultant de l'arrivée d'un afflux de matière qui alimente l'émission cathodique ou forme les rayons de Goldstein si la cathode est perforée. Quelle que soit d'ailleurs l'interprétation adoptée, il est certain que l'échauffement de la cathode, échauffement qui peut atteindre l'incandescence, est connexe de la formation des rayons cathodiques : il suffit, pour s'en convaincre, de faire l'expérience avec une cathode très mince, en platine, et à une pression assez basse pour que le faisceau cathodique parte d'une région restreinte (ordinairement centrale) de l'électrode. Mais l'élévation de température dont il s'agit ne se produit pas seulement au vide de Crookes : on peut l'observer à toutes les pressions. L'expérience est particulièrement nette si l'on prend comme électrodes les filaments de deux lampes à incandescence que l'on a soudées sur un raccord en verre. Chacun des filaments étant relié à l'un des pôles d'une forte bobine de Ruhmkorff ou d'un transformateur, et les choses étant disposées de telle sorte que le courant ne passe que dans un seul sens, on obtient l'incandescence du filament cathode pour des pressions variant depuis celle qui donne la fluorescence de l'ampoule négative jusque vers 1^{mm} de mer-

---

(1) Travail fait au laboratoire de Chimie de l'École Normale supérieure.

(2) *Comptes rendus*, t. CXXVI, p. 1339; 1898.

cure ([1]); le filament anode reste au contraire complètement obscur: le dégagement de chaleur y est en effet insensible. Dans cette expérience on peut aisément vérifier que l'élévation de température est maxima aux points où le filament doit émettre plus abondamment des rayons cathodiques, par exemple, par suite de l'éloignement plus grand des parois. Pour une source électrique donnée, l'intensité du phénomène varie avec la pression, c'est-à-dire avec la résistance de l'appareil; c'est, si l'on veut, l'analogue de ce qui se passe quand on relie les pôles d'une pile par un conducteur dont on fait varier la résistance : pour une certaine valeur de cette résistance la puissance dépensée dans le conducteur est maxima, et, par suite, la quantité de chaleur dégagée.

» Pour les pressions supérieures à 1^{mm} de mercure, il est préférable de prendre comme électrodes des fils métalliques fins, et l'on peut continuer ainsi les observations jusqu'à la pression atmosphérique. Il convient seulement de régler la distance explosive de manière à donner au courant une intensité suffisante. Comme précédemment, on doit éviter avec soin de laisser passer le courant inverse ([2]).

» Il est naturel d'admettre que le phénomène dont il s'agit est, à toutes les pressions, toujours produit par la même cause et qu'il résulte de la formation de rayons cathodiques dont l'énergie spécifique serait toutefois très faible aux pressions élevées. Cette manière de voir est d'accord avec le fait qu'à toute pression la gaine violette est visible à la cathode; elle se relie naturellement aux considérations que j'ai précédemment développées sur la formation de l'ozone (*Comptes rendus*, t. CXXX, p. 125).

([1]) Il faut éviter de pousser le vide très loin parce que le champ électrostatique dans l'ampoule négative devient assez intense pour briser le filament. On doit également éviter de se servir d'un interrupteur ayant à peu près la période vibratoire du filament. Le dispositif qui m'a donné les meilleurs résultats consistait à employer une bobine d'induction de 25^{cm} d'étincelle alimentée par un courant alternatif de 80 périodes, et munie du redresseur que j'ai décrit antérieurement, ce qui permet d'utiliser les deux alternances. Dans ces conditions une lampe de 20 bougies est aisément portée au blanc.

([2]) L'élévation considérable de température qui se produit à l'électrode négative, à la pression ordinaire, a été observée par divers auteurs peu de temps après l'invention de la bobine de Ruhmkorff. (Quet, *Comptes rendus*, t. XXXVI, p. 1015; 1853.— Despretz, *Comptes rendus*, t. XXXVII, p. 371; 1853. — Fernet, *Comptes rendus*, t. LIX, p. 1006; 1864). — Plus récemment, MM. Naccari et Guglielmo ont étudié ce phénomène à diverses pressions (*Il Nuovo cimento*, t. XI, p. 28, 1882; t. XV, p. 272; t. XVII, p. 1, 1885; — *Journal de Physique*, 2e série, t. II, p. 521; t. V, p. 574).

» La chute de potentiel nécessaire pour porter à l'incandescence un conducteur, un filament de lampe par exemple, par *effet cathodique*, doit être beaucoup plus grande que si le filament est rendu incandescent à la manière ordinaire, c'est-à-dire par effet Joule. Comme on doit s'y attendre, l'intensité (efficace) du courant est, par suite, beaucoup moindre; c'est ainsi qu'un courant de 5 millièmes d'ampère suffit pour porter au rouge cerise le filament d'une lampe de 50 volts (10 bougies). Il faudrait un courant soixante fois plus intense pour obtenir le même résultat par effet Joule, mais la chute de potentiel ne serait alors que de 30 volts environ. Il est fort probable que, dans les expériences de M. Tesla, l'incandescence des lampes à un seul filament se produisait par effet cathodique : avec la fréquence employée la capacité électrique de l'ampoule suffisait pour que le courant puisse acquérir l'intensité nécessaire sans l'emploi d'une anode. Cette interprétation se concilie d'ailleurs parfaitement avec celle que donnait l'auteur de ces expériences. »

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Le campylographe, machine à tracer des courbes.* Note de M. **Marc Dechevrens**, présentée par M. Lippmann.

« Le campylographe (καμπυλος, courbe) est appelé à reproduire, mais dans des conditions toutes nouvelles, l'expérience classique des deux diapasons croisés ou celle, plus moderne, des deux pendules croisés, pour obtenir les courbes dites *de Lissajous* par la composition de deux mouvements oscillatoires rectangulaires. Ces deux expériences ne se font pas sans difficulté et d'ailleurs les courbes tracées ne sont pas fermées à raison de la variation de l'amplitude des oscillations; elles ne répondent donc pas à l'équation mathématique du phénomène. Dans le campylographe, tous les mouvements sont purement mécaniques, les courbes sont absolument fermées et rigoureusement exactes.

» En outre, l'appareil permet l'étude d'un cas beaucoup plus complexe, c'est le tracé des courbes résultant de trois mouvements, deux rectilignes oscillatoires et un circulaire uniforme. Par là, le campylographe se distingue formellement des divers appareils imaginés jusqu'ici pour reproduire mécaniquement les courbes de Lissajous. Je dois tout particulièrement mentionner l'instrument exposé en 1889 par M. Rohn, professeur à Varsovie; ses deux règles croisées mues par des roues couplées se retrouvent dans le campylographe; mais il s'en est tenu là, comme tous les

autres, avant et après lui. Dans les cours, d'ailleurs, on n'a jamais tenté d'introduire dans l'expérience un troisième mouvement, comme, par exemple, de faire tourner uniformément le plan de projection de la résultante des deux mouvements oscillatoires, de substituer une plaque photographique tournante à l'écran fixe dans le cas des deux diapasons à miroirs. Pour obtenir de ce dispositif des figures régulières, il eût fallu que le nombre des révolutions de la plaque fût rigoureusement un multiple ou un sous-multiple du nombre composé des mouvements oscillatoires, condition manifestement impossible à réaliser. Or, avec le mécanisme du campylographe, tout cela s'exécute avec la dernière facilité, et les combinaisons les plus complexes ne sont pas plus difficiles à mettre en jeu que les plus simples. Qu'il me suffise de dire que l'appareil qui m'a donné les quelques spécimens de courbes que j'ai l'honneur de soumettre à l'Académie et qui ne sont pas les plus compliquées, donne lieu à vingt-deux combinaisons de vitesses différentes entre les deux mouvements rectilignes oscillatoires qui obligent le plan de projection à exécuter trente révolutions pour l'achèvement du tracé d'une figure.

» Le campylographe peut se construire sous deux formes différentes, également bonnes et qui m'ont donné les mêmes résultats. Chacune d'elles a cependant sur l'autre des avantages qui se contrebalancent; je me contente de parler de celle qui met le mieux en évidence le principe général de l'appareil. C'est, pour les deux mouvements oscillatoires, la même disposition que dans l'instrument de M. Rohn, dont j'ai parlé plus haut. Deux règles, croisées à angle droit et évidées en leur milieu de haut en bas sur toute leur longueur, sont conduites par des roues couplées comme des bielles. A l'endroit du croisement, M. Rohn les faisait glisser l'une sur l'autre dans une pièce unique en forme de croix; il s'imposait par là l'obligation de les maintenir à angle droit pour le tracé des figures de Lissajous qu'il avait uniquement en vue. J'ai préféré établir dans chacune des deux règles un curseur indépendant, traversé par le même crayon ou le même traceur; par là, des mouvements obliques des règles sont possibles, et on peut donner à chacune de leurs extrémités des vitesses de rotation différentes : d'où variété des courbes élémentaires et des courbes complexes.

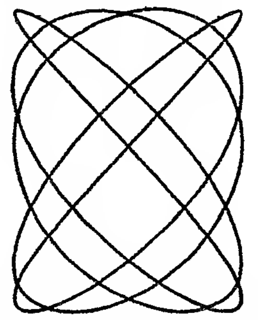
» On voit tout de suite que le traceur, restant invariablement au croisement des deux bielles, ne les suivra ni l'une ni l'autre dans leur mouvement de glissement longitudinal, mais uniquement dans leur déplacement transversal, déplacement qui varie comme le sinus des arcs décrits par leurs deux points d'articulation. La trace laissée dans le mouvement de l'une d'elles considérée seule, est une ligne droite et représente exactement l'amplitude d'un mouvement oscillatoire. Toutes deux ensemble feront tracer la bissectrice de l'angle de leurs traces isolées, et cette bissectrice sera en grandeur et direction la résultante des deux mouvements oscillatoires rectangulaires. On a ainsi réalisé mécaniquement l'expérience faite pour la première fois par Lissajous avec

deux diapasons croisés et renouvelée, depuis, à l'aide de deux pendules oscillant à angle droit.

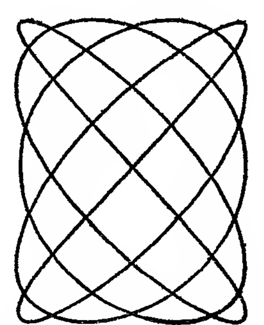
» Le moteur ou producteur des vitesses est composé de deux couples de plateaux opposés en bronze dont les directions sont rectangulaires; ils entourent un cinquième plateau de plus grand diamètre au bord extérieur duquel on a taillé des dents hélicoïdales; une vis sans fin, dont l'axe prolongé se termine par une manivelle, agit sur ce plateau pour transmettre de là le mouvement à toutes les autres pièces de l'appareil. Cette transmission s'effectue grâce à une série de couronnes dentées disposées concentriquement à la surface même des cinq plateaux, en plus grand nombre sur le grand que sur les petits. Quatre arbres horizontaux sont placés en travers, et sur chacun des arbres deux pignons mobiles peuvent être arrêtés à volonté sur l'une ou l'autre des couronnes des plateaux correspondants.

» Avec sept couronnes sur le grand (rayons proportionnels à 10, 15, 20, 30, 35 et 40) et trois sur les petits (10, 15, 20) on a le moyen de faire au moins treize combinaisons de vitesses entre les deux couples de petits plateaux. On doit toujours donner la même vitesse de rotation aux deux plateaux de chaque couple, afin de maintenir la règle correspondante rigoureusement parallèle à elle-même dans ses déplacements. Le campylographe, que m'a construit M. Cretin-Lauge de Morez (Jura), a reçu quatorze couronnes sur son grand plateau, la plus grande proportionnelle à 120 et cinq sur les petits. De là l'incroyable facilité qu'il me donne de varier et les vitesses et les courbes tracées : les combinaisons de vitesses différentes sont au nombre de 979.

» Les deux règles, ou bielles, se croisent au-dessus du grand disque qu'une clavette, enlevée ou mise en place, isole ou relie à l'axe vertical du grand plateau moteur. C'est sur ce disque qu'on fixe le papier ou les surfaces sur lesquelles on veut tracer les figures résultantes. Avec le disque isolé et au repos, les figures sont celles dites *de Lissajous :* je ne m'y arrête pas, me contentant seulement d'en présenter deux que les physiciens reconnaîtront bien.



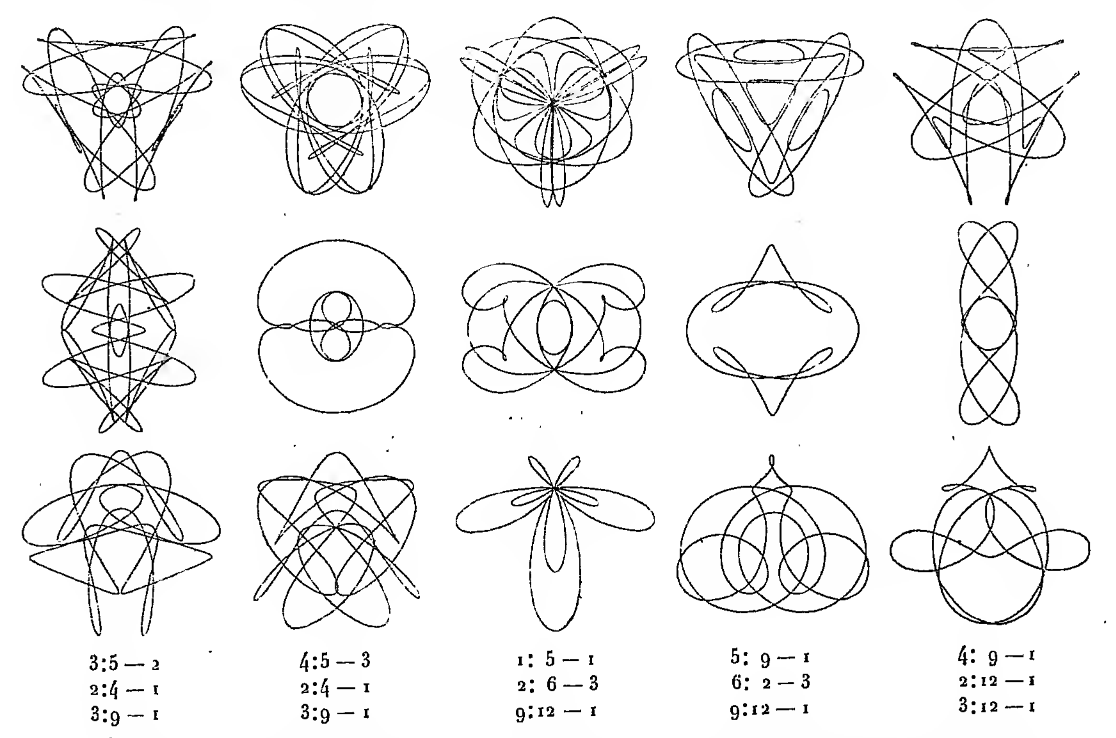
Vitesse 4. Bielle sin 0° — ampl. 30mm.
Vitesse 5. Bielle cos 90° — ampl. 40mm.



Vitesse 4. sin 0° — ampl. 30mm.
Vitesse 5. cos 60° — ampl. 40mm.

» Les figures résultant des *trois* mouvements méritent une sérieuse attention. Il y a là un sujet d'étude fort intéressant à tous points de vue. Les types de courbes tracées sont sans nombre et dans chaque type il y a

une infinie variété de figures. Ces variations s'obtiennent, soit par un simple changement de la phase au début entre les deux mouvements oscillatoires, soit par une variation de l'amplitude, soit surtout par ce fait qu'on peut dans l'instrument (sous ses deux formes) faire en sorte que le centre de la figure élémentaire de Lissajous ne coïncide pas avec le centre même du disque tournant. Voici quinze figures ([1]) obtenues dans ces diverses conditions spéciales. Dans la première rangée on reconnaîtra des figures à



un seul axe de symétrie; dans la deuxième des figures à deux axes et dans la troisième des figures à trois axes; les rapports respectifs des vitesses rectilignes et circulaires sont inscrits au-dessous du Tableau.

» En faisant usage des combinaisons très complexes on obtient des dessins du plus joli effet, éminemment propres à être utilisés dans les diverses industries qui recherchent des motifs de décoration. Bon nombre de ces courbes, surtout parmi les plus simples, tracées par l'expérience,

---

([1]) Ces figures ont été réduites par la photographie; les originaux, tracés à l'encre de Chine, ont de 160 à 180mm de hauteur.

pourront intéresser les géomètres. Je ferai remarquer en particulier que le campylographe, tel que je le fais construire dans des proportions très réduites pour lui permettre d'être introduit dans les cabinets de physique, est un excellent ellipsographe et parabolographe. »

THERMOCHIMIE. — *Chaleur de dissolution de l'eau oxygénée. Valeur thermique de la fonction hydroxyle* OH. *Influence de l'hydrogène et du carbone.* Note de M. DE FORCRAND.

» Déjà en 1819, Thénard avait indiqué ([1]) que l'eau oxygénée étendue pouvait être concentrée et amenée à l'état anhydre par l'action du vide sec. MM. Hanriot ([2]) et Wolffenstein ([3]) ont montré depuis qu'on peut l'obtenir à peu près anhydre par distillation sous pression très réduite (65^{mm}) et préparer ainsi l'eau oxygénée pure distillée, ce qui permet d'éliminer les traces des matières étrangères qui s'y accumulent pendant la concentration dans le vide.

» Ces faits prouvent déjà que, si la chaleur de dissolution de H^2O^2 anhydre est positive, elle doit être très faible.

» En partant de l'eau oxygénée du commerce à 10 volumes (Kahlbaum) et en suivant exactement les indications de MM. Hanriot et Wolffenstein, j'ai pu préparer l'eau oxygénée distillée et pure aux titres suivants :

Eau oxygénée			
en centièmes.	en volumes.	Formules.	Chaleur de dissolution ([4]).
			Cal
35,31	140	$H^2O^2 + 3,46 H^2O$	+0,071
42,66	185	$H^2O^2 + 2,53 H^2O$	+0,093
55,16	225	$H^2O^2 + 1,54 H^2O$	+0,099
65,38	260	$H^2O^2 + H^2O$	+0,310
85,93	390	$H^2O^2 + 0,3 H^2O$	+0,403

([1]) *Annales de Chimie et de Physique*, t. X, p. 115 et 335, et t. XI, p. 215; 1819.

([2]) *Comptes rendus*, t. C, p. 57 et 172.

([3]) *Berichte*, t. XXVII, p. 3307.

([4]) La température était comprise entre +12° et +16° et l'état final correspondait toujours à $H^2O^2 + 3^{lit}$ d'eau. Je n'ai pas pu dépasser la concentration de 86 pour 100, mais comme elle se traduit par la formule $H^2O^2 + 0,3 H^2O$, il est bien peu probable qu'il existe un autre hydrate plus riche en eau oxygénée. Ce titre de 86 pour 100 est déduit de l'analyse du liquide final; il est probable que le liquide recueilli dans

» Si l'on construit la courbe des chaleurs de dissolution avec ces cinq données expérimentales, que l'on réunisse le point 35,31 pour 100 au point initial 0, et que l'on prolonge en ligne droite la dernière portion de la courbe jusqu'à 100 pour 100, on trouve :

» 1° Que cette courbe comprend deux parties principales, l'une de 0 à 55,16 pour 100, l'autre de 65,38 à 100 pour 100; ce sont deux droites;

» 2° Que de 55,16 à 65,38 pour 100 la courbe remonte brusquement comme s'il existait un hydrate défini dont la formule serait voisine de $H^2O^2 + H^2O$ et la chaleur de formation de $+ 0^{Cal},2$ à $+ 0^{Cal},3$ environ.

» Ce double résultat concorde bien avec les faits connus. On sait en effet que, lorsqu'on distille l'eau oxygénée sous la pression atmosphérique, on ne peut dépasser la richesse qui correspond à $H^2O^2 + H^2O$, et en outre que, par une simple diminution de pression, on peut décomposer cet hydrate et continuer la concentration.

» Il montre en outre que la chaleur de dissolution de l'eau oxygénée liquide anhydre serait de $+0^{Cal},460$.

» On a par conséquent :

	Cal
H^2O^2 liq. + Aq. = H^2O^2 diss.................	+ 0,46
H^2 gaz + O^2 gaz = H^2O^2 liq..................	+46,84
H^2O liq. + O gaz = H^2O^2 liq.................	−22,16

» Quant à sa chaleur de fusion, elle paraît absolument inaccessible à l'expérience, mais on peut l'évaluer avec une approximation suffisante en partant de celle de l'eau qui est bien connue ($H^2O = 18^{gr}$: − 1,43) et en calculant proportionnellement pour $H^2O^2 = 34^{gr}$. On trouve ainsi $-2^{Cal},70$. On obtient d'ailleurs le même nombre en prenant la moyenne entre la chaleur de fusion de l'eau et celle de la glycérine (−3,90), ce qui est un contrôle.

» Enfin, connaissant les réactions suivantes :

	Cal
Na^2O^2 sol. + 2 H Cl dissous....................	+41,81
2 Na OH diss. + 2 H Cl diss.....................	+27,40
Na sol. + Aq (M. Joannis)......................	+42,40

---

le ballon était plus riche encore, car ses propriétés paraissaient bien celles de H^2O^2 à peu près anhydre, mais ces liqueurs concentrées sont très sensibles à l'action des poussières et la richesse diminue nécessairement pendant le transvasement et aussi pendant les quelques heures nécessaires pour que l'échantillon prenne la température du laboratoire calorimétrique.

on obtient finalement

$$H^2O^2 \text{ sol.} + Na^2 \text{ sol.} = H^2 \text{ gaz} + Na^2O^2 \text{ sol} \ldots\ldots \quad 68,15$$

soit, pour chacun des deux OH de l'eau oxygénée solide : $+34^{Cal},07$.

» Ce nombre $+34^{Cal},07$ exprime donc la valeur thermique moyenne de la fonction hydroxyle OH solide.

» Comparons maintenant cette donnée à celles que fournissent l'eau et le glycol

	Cal
H — OH	+ 31,19
$\frac{1}{2}(CH^2 - OH)^2$ soit — CH^2 — OH.......	+ 31,32
$\frac{1}{2}(OH)^2$ soit — OH..................	+ 34,07

et admettons que chaque atome ou radical uni à OH apporte son influence propre pour augmenter ou diminuer son acidité caractéristique $+34^{Cal},07$, et que l'influence des radicaux est la somme algébrique de celles des atomes qui les forment, nous trouverons

31,19 — 34,07.....	— 2,88	influence négative de H
31,32 — 31,19.....	+ 0,13	influence positive de CH

et par suite

	Cal
C................................	+ 3,01
CH^2................................	— 2,75
CH^3................................	— 5,63

» Ces coefficients d'influence, positifs ou négatifs, peuvent servir à établir une théorie de l'acidité. »

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la production directe par voie humide de l'iodure mercurique et de l'iodure mercureux à l'état cristallisé* (1). Note de M. F. **Bodroux**, présentée par M. Troost.

« L'iodure mercurique cristallisé s'obtient en dissolvant un excès de ce corps amorphe dans une solution d'iodure de potassium, ou mieux dans l'acide chlorhydrique concentré et bouillant; par refroidissement il se dépose soit en octaèdres, soit en prismes quadratiques pyramidés d'un rouge vif. Sa modification jaune se prépare de deux manières : par sublimation, et elle se présente alors en prismes orthorhombiques; par voie humide sous

(1) Laboratoire de Chimie de l'Université de Poitiers.

forme de tables rhomboïdales brillantes, quand on ajoute un excès d'eau à une solution d'iodure mercurique dans l'alcool.

» J'ai observé qu'en laissant en contact à la température ordinaire une petite quantité d'iodure d'éthyle ou de méthyle avec un grand excès d'une solution d'un sel de mercure au maximum, il y a production d'iodure mercurique. La formation de ce composé est due à une double décomposition favorisée par une faible solubilité dans l'eau de l'iodure organique, et ce corps prenant très lentement naissance au sein du liquide se dépose dans certains cas en cristaux volumineux.

» Cette expérience réussit avec le chlorure, le nitrate, le sulfate de mercure, mais c'est avec l'acétate mercurique que j'ai obtenu les plus belles cristallisations. Le dissolvant paraît avoir une influence, car dans deux solutions alcooliques l'une de chlorure mercurique et d'iodure d'éthyle, l'autre d'acétate de mercure et d'iodure de méthyle, il n'y a pas eu de réaction à froid. La concentration du sel, la nature de l'iodure organique semblent également jouer un certain rôle : l'iodure de méthyle est préférable à l'iodure d'éthyle et m'a donné de meilleurs résultats.

» Le mode opératoire employé est le suivant :

» Dans un ballon, je place 200^{gr} d'eau distillée contenant en solution 10^{gr} d'acétate mercurique et j'ajoute 5^{gr} d'iodure de méthyle. Après avoir agité pendant quelques instants j'abandonne le tout au repos. Au bout de vingt à trente minutes, sur les parois du vase et à la surface du liquide, on voit apparaître quelques petits cristaux jaunes, puis des lamelles rouges dont le nombre va en augmentant. Au bout de douze heures, le fond du vase est couvert par une belle cristallisation qu'il ne reste plus qu'à recueillir et à sécher.

» J'ai ainsi obtenu des lames transparentes, d'un rouge vif, dont quelques-unes atteignent plus de 1^{cm} de longueur.

» Le produit de la réaction est bien l'iodure mercurique, ses propriétés le caractérisent nettement : en effet, il est soluble dans l'iodure de potassium, il se sublime facilement en cristaux jaune citron. Chauffé en tube capillaire, il devient jaune vers 130°, redevient rouge vers 230°, puis fond à 253°-254° en un liquide rouge sang.

» Les cristaux jaunes qui prennent naissance au début de l'opération se transforment, lentement à la lumière, rapidement quand on les frotte, en iodure rouge. Ils constituent donc la modification jaune de ce corps.

» Étant donné ce résultat, j'ai songé à appliquer la même réaction aux sels mercureux dans l'espoir d'obtenir cristallisé l'iodure Hg^2I^2. Ce corps a déjà été préparé à l'état cristallin, par voie sèche, en chauffant en tubes

scellés l'iode et le mercure en proportions convenables ([1]), par voie humide, en faisant bouillir pendant plusieurs heures un excès d'iode avec une solution saturée d'azotate mercureux et en laissant refroidir très lentement ([2]).

» L'expérience a vérifié mes prévisions.

» En ajoutant à une solution de nitrate mercureux saturée à froid quelques grammes d'iodure de méthyle ou d'éthyle indifféremment et en agitant le mélange, il se produit au bout d'une ou deux minutes un léger trouble qui va en augmentant rapidement. Puis des paillettes jaunes, miroitantes, se forment avec abondance et se déposent sur les parois ou restent à la surface du liquide, où elles se réunissent en houppes de plusieurs millimètres de longueur. La réaction s'effectue sans élévation de température. Il ne reste qu'à recueillir et à sécher ces cristaux.

» Il faut avoir bien soin de laisser reposer le mélange aussitôt que la liqueur commence à se troubler, car la précipitation pourrait avoir lieu à l'état amorphe; mais lorsqu'une petite quantité d'iodure mercureux s'est déposée, on peut, sans inconvénient, agiter la masse pour activer la réaction.

» Le composé qui a pris naissance et dont l'aspect rappelle l'iodure de plomb cristallisé est bien l'iodure mercureux. En effet, la lumière le décompose lentement, l'iodure de potassium le dédouble rapidement en mercure et en iodure mercurique qui se dissout. Chauffé en tube capillaire, il devient rouge vers 70° et fond à 290° en un liquide noir.

» La préparation de cet iodure cristallisé est très rapide et peut, par suite, très bien s'effectuer comme expérience de cours. »

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur l'impossibilité de la formation primaire du chlorate de potassium obtenu par voie électrolytique* ([3]). Note de M. **André Brochet**, présentée par M. Henri Moissan.

« MM. Haber et Grinberg ([4]) ont admis que les hypochlorite et chlorate obtenus par l'électrolyse d'un chlorure alcalin étaient toujours formés par réaction primaire par décharge des ions Cl et OH d'après les équations

$$Cl + OH = ClOH$$

([1]) Yvon, *Comptes rendus*, t. LXXVI, p. 1607.
([2]) Stroman, *Bulletin de la Société chimique*, t. XLIX, p. 473.
([3]) École de Physique et de Chimie industrielles. Laboratoire d'Électrochimie.
([4]) Haber et Grinberg (*Zeitsch. anorg. Chem.*, t. XVI, p. 198, 329 et 438).

et

$$Cl + 5OH = ClO^3H + 2H^2O.$$

» Wohlwill ([1]), Fœrster, Jorre et Müller ([2]) ont établi par des essais d'ordre varié qu'il n'en était rien en ce qui concerne les hypochlorites et que les ions Cl formés à l'anode passent à l'état moléculaire. Le chlore ainsi obtenu réagit sur l'alcali de la cathode par voie purement chimique.

» En ce qui concerne le chlorate, Wohlwill, Lorenz et Wehrlin ([3]) admettent qu'il provient de la décharge des ions ClO et OH. Fœrster, Jorre et Müller, après avoir établi qu'en milieu neutre l'hypochlorite donne du chlorate par voie purement chimique sous l'influence de l'acide hypochloreux formé à l'anode pensent que le processus est tout à fait différent en milieu alcalin et reprenant l'hypothèse d'Œttel ([4]) admettent que dans ces conditions le chlorate est formé uniquement par réaction primaire.

» Dans quelques travaux précédemment publiés ([5]), j'ai démontré, comme les auteurs précédents, que le chlorate de potassium électrolytique provient évidemment, en milieu neutre ou légèrement alcalin, de l'hypochlorite existant en solution et me basant sur des expériences précédentes suffisamment nettes, mais encore incomplètes, j'émettais l'opinion que, en milieu alcalin, le chlorate provient également de l'hypochlorite.

» Je reviens aujourd'hui sur cette question.

» Si dans une cuve électrolytique on introduit de l'oxyde de cobalt, l'hypochlorite formé sera détruit avec dégagement d'oxygène; il n'y aura donc pas de chlorate secondaire et seul le chlorate obtenu par action primaire subsistera. Les chlorates, comme cela est admis et comme je l'ai vérifié à nouveau, ne sont pas décomposés en présence d'oxyde de cobalt. L'action sur les hypochlorites, lente à froid, est très rapide vers 60°-70°.

» L'inconvénient de ce procédé résultait de ce que l'oxyde de cobalt, assez dense, tombant rapidement au fond du vase, son action diminuait considérablement de ce fait. Finalement en employant une forte dose d'oxyde je suis arrivé à de bons résultats.

([1]) Wohlwill (*Zeitsch. Elektrochem.*, t. V, p. 52).

([2]) Fœrster, Jorre et Muller (*Zeitsch. Elektrochem.*, t. VI, p. 74).

([3]) Lorenz et Wehrlin (*Zeitsch. Elektrochem.*, t. VI, p. 309, 408, 419, 437, 445 et 461).

([4]) Œttel (*Zeitsch. Elektrochem.*, t. V, p. 1).

([5]) Brochet (*Comptes rendus*, t. CXXXI, p. 134 et 718; *Bull. Soc. Chim.*, 3e série, t. XXIII; p. 196).

» Comme il est maintenant admis par tous les auteurs ayant étudié la question que, en milieu neutre, le chlorate provient uniquement de l'hypochlorite, je laisserai de côté les expériences y ayant trait pour passer simplement en revue celles qui se rapportent aux essais en milieu alcalin. Voici comment j'ai opéré :

» Je me suis servi de l'appareil décrit précédemment (*loc. cit.*) en remplaçant le bocal par un verre de Bohême forme haute de 150^{cc} dans lequel les électrodes plongeaient jusqu'au fond. Cet électrolyseur était placé dans un bain-marie réglé à 70°; il était monté en tension avec un voltamètre à gaz tonnant et les appareils de réglage et de mesures nécessaires.

» J'opérai dans les mêmes conditions que précédemment avec une intensité de 2 ampères, soit :

$$D_a = D_c = 0^{amp},045 \text{ par centimètre carré};$$

» 1° Solution contenant, pour 125^{cc}, 20^{gr} de chlorure de potassium et 4^{gr} de potasse caustique. Dans ces conditions d'alcalinité l'appareil se trouve rapidement en marche normale; en effet, la quantité d'hypochlorite que l'on peut constater est très faible, le degré chlorométrique étant inférieur à 0°,1.

» La quantité d'électricité fournie à l'électrolyseur se répartit de la façon suivante pour chaque électrode :

Oxygène dégagé	45	pour	100	
Hydrogène dégagé	93	»	»	
Oxygène absorbé (oxydation)	55	»	»	
Hydrogène absorbé (réduction)	7	»	»	
Oxydation effective	48	»	»	(55-7)

» L'opération a duré une heure, le dosage du chlorate a donné $0^{gr},730$ au lieu de $1^{gr},52$ demandé par la théorie pour 2 ampères-heure, soit un rendement de 48 pour 100.

» J'ai ajouté alors à la solution 1^{gr} de chlorure de cobalt cristallisé, dissous préalablement dans un peu d'eau; cette addition a été faite en battant énergiquement pour bien diviser l'oxyde formé.

» En électrolysant à nouveau on obtient alors, pour 100^{cc} de gaz au voltamètre, 99 ou 99,5 à l'électrolyseur; c'est donc du gaz tonnant à peu près pur, l'oxydation représente alors un ou 2 pour 100, la réduction est nulle (naturellement).

» L'expérience est donc bien convaincante.

» Si on laisse déposer l'oxyde de cobalt, l'oxydation s'élève peu à peu et peut atteindre à 20 pour 100, la réduction se fait alors légèrement sentir, mais il suffit d'agiter, pour avoir à nouveau les résultats précédents.

» J'ai laissé marcher l'essai pendant trois heures et demie, l'augmentation de chlorate fut seulement de $0^{gr},09$ au lieu de $5^{gr},35$ demandés par la théorie pour 7 ampères-heure; la quantité obtenue est donc insignifiante.

» 2° Un autre essai fut fait dans les mêmes conditions, en ajoutant au liquide 8^{gr} de potasse au lieu de 4^{gr}.

» Avec cette teneur on ne peut déceler la présence de l'hypochlorite. La quantité d'électricité fournie à l'électrolyseur se répartit de la façon suivante :

Oxygène dégagé	65 pour 100		
Oxygène absorbé (oxydation)	35	»	
Hydrogène dégagé	95	»	
Hydrogène absorbé (réduction)	5	»	
Oxydation effective	30	»	(35 — 5)

» En ajoutant comme dans le cas précédent 1gr de chlorure de cobalt la réduction tombe à zéro et l'oxydation à 1 ou 2 pour 100.

» D'autres expériences, faites dans diverses conditions, ont donné des résultats analogues.

» *Conclusions.* — Les essais précédents montrent donc d'une façon absolument nette et irréfutable que *dans l'électrolyse des chlorures alcalins*, contrairement aux hypothèses d'Œttel, Haber et Grinberg, Fœrster, Jorre et Müller... la *formation du chlorate n'est jamais due à une action primaire, mais se fait toujours par l'intermédiaire des hypochlorites*, même en milieu très alcalin et lorsque l'hypochlorite ne peut être decelé. »

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la décomposition des chlorures métalliques.* Note de M. **Œchsner de Coninck.**

« J'ai continué mes recherches, en étudiant l'action (1) du noir animal sur des solutions aqueuses étendues de $HgCl^2$, $CdCl^2$, Al^2Cl^6, $SnCl^4$; j'ai, en outre, fait de nouvelles expériences avec la solution étendue de Fe^2Cl^6 dans l'eau.

a. Solution de sublimé. — Cette solution a été préparée au moment de l'expérience, afin d'éviter le dédoublement en calomel et en chlore. Le sublimé est assez rapidement absorbé par le noir animal; mais, même après un très grand nombre de filtrations, H^2S et AzH^4,SH donnaient des précipités très nets, quoique sensiblement moins abondants qu'au début. Il y a donc lieu d'admettre la stabilité de $HgCl^2$, pourvu qu'on se mette bien à l'abri d'une lumière trop vive.

» *b. Solution de chlorure de cadmium.* — Cette solution a été aussi préparée au moment de l'expérience; lorsque je l'ai étendue, je n'ai pas observé, comme pour les solutions de chlorure de zinc, la précipitation d'un oxychlorure. Le chlorure de cadmium, dans ces conditions, n'est pas très rapidement absorbé par le charbon; il est très stable.

(1) Institut de Chimie de la Faculté des Sciences de Montpellier.

» *c. Solution de chlorure d'aluminium.* — Le sel était blanc et bien exempt de chlorure ferrique; je l'ai dissous dans l'eau, en ayant soin d'ajouter celle-ci par petites quantités; lorsque la solution à été prête pour l'expérience, je l'ai partagée en deux portions, dont l'une a été gardée pour vérifier s'il y avait décomposition et précipitation d'alumine; cette éventualité ne s'est pas produite. Comme le sel précédent, Al^2Cl^6 est assez lentement absorbé par le noir animal; il s'est comporté comme un sel stable, les précipités fournis, après une série de filtrations, s'étant montrés sensiblement égaux en volumes.

» *d. Solution de tétrachlorure d'étain.* — Elle a été préparée avec les précautions voulues; comme le chlorure stanneux, le tétrachlorure est rapidement décomposé sur le noir animal avec formation d'un oxychlorure qui est d'abord entraîné en partie, puis entièrement retenu par le corps poreux.

» M. Kœnig (*Chemical News*, t. XLV, p. 215 et suiv.) dit que, lorsqu'on exécute des filtrations sur le charbon animal, celui-ci est partiellement et peu à peu comburé à l'état d'acide carbonique. Je ferai remarquer que la transformation si rapide des chlorures stanneux et stannique en oxychlorures prouve bien que le processus est en effet oxydant.

» *e. Solution étendue de perchlorure de fer.* — J'ai préparé cette solution, 15 jours avant l'expérience que je vais relater maintenant. Elle était colorée en jaune brun clair; pendant 15 jours, elle a été abandonnée à la lumière diffuse; et, trois heures avant de m'en servir, je l'ai exposée aux rayons d'un soleil ardent. Alors, je l'ai filtrée sur un excès de noir animal qui avait été lavé pendant longtemps à l'eau distillée. Le *filtratum* était opalescent, et donnait avec AzH^4, SH un précipité noir déjà moins abondant que la liqueur primitive. J'ai filtré une seconde fois : *filtratum* à peine opalescent donnant, après quelques instants seulement, un très léger précipité noir floconneux. Une troisième filtration a fourni un liquide parfaitement limpide, ne précitant pas par AzH^4, SH, mais précipitant abondamment par AzO^3Ag.

» Cette suite de réactions très nettes et très distinctes les unes des autres s'explique fort bien si l'on admet que le noir animal agit comme un dialyseur, et que la liqueur renferme, à un moment donné, un oxyde ou hydrate de fer *modifié*, dissous dans l'acide chlorhydrique. Le noir animal, qui est en excès, retient peu à peu le composé oxygéné du fer, et l'acide chlorhydrique passe dans le filtratum.

» Cette interprétation me paraît conforme aux expériences et aux explications théoriques que nous devons à Graham, Debray, Krecke et Kossel. »

CHIMIE ORGANIQUE. — *Hydrogénation de l'acétylène en présence du fer ou du cobalt réduits.* Note de MM. **Paul Sabatier** et **J.-B. Senderens**.

« I. *Fer.* — On prépare du fer réduit en chauffant pendant six à sept heures, vers 400°, de l'oxyde ferrique pur dans un courant d'hydrogène; puis, après refroidisse-

ment, on dirige sur le métal un mélange de proportions connues d'acétylène et d'hydrogène en excès. Aucune réaction notable n'intervient à froid, mais à partir de 180° on observe une hydrogénation régulière, manifestée de suite par une réduction du volume gazeux. Beaucoup de liquides un peu jaunâtres se condensent dans les parties froides du tube.

» Citons une expérience effectuée à 215° :

Vitesse de l'hydrogène	56^{cc}	par minute.
Vitesse de l'acétylène	34	»
Somme des gaz qui arrivent	90	par minute.
Vitesse du gaz qui sort	52	»

» La diminution de volume atteint presque le volume de l'hydrogène, comme si sa transformation en éthane était complète. En réalité, il n'en est pas ainsi; les 52^{cc} de gaz obtenus contiennent :

Acétylène	1,5
Carbures éthyléniques supérieurs (1)	3,1
Ethylène	3,2
Ethane	3,4
Hydrogène	40,8

» La plus grande partie de l'hydrogène a été inutilisée, mais la proportion de matière condensée est très grande. Si l'on calculait, en considérant comme propylène les carbures éthyléniques supérieurs, les produits condensés issus du mélange $56H^2 + 34C^2H^2$ correspondraient à $42,5C + 43,6H$. Une faible partie de ce carbone a été combinée au fer qui demeure fortement carburé, ou déposée sur ce métal sous forme de charbon noir solide. La majeure partie des produits est liquide et constituée par un mélange d'hydrocarbures bouillant entre 50° et 250°; ils contiennent beaucoup de carbures éthyléniques immédiatement solubles dans l'acide sulfurique qu'ils colorent en rouge foncé; ils renferment aussi une certaine proportion de benzine et homologues, aisément transformables en produits nitrés, ainsi qu'une faible dose de carbures forméniques, qui résistent à l'action de l'acide sulfurique fumant.

» Si, la vitesse de l'hydrogène demeurant constante, on accroît celle de l'acétylène, la réaction destructive que le fer exerce sur ce dernier gaz s'introduit, soit peu à peu, soit brusquement avec apparition de l'incandescence et du foisonnement charbonneux, tels que l'ont indiqué MM. Moissan et Moureu (*Comptes rendus*, t. CXXII, p. 1241; 1896). Dans ce dernier cas, la presque totalité de l'acétylène est détruite en charbon et hydrogène.

» II. *Cobalt*. — Sur du cobalt réduit très pur et absolument privé de nickel, on fait agir un mélange d'acétylène et d'hydrogène en grand excès; il ne se produit à froid aucune réaction; mais en élevant la température vers 180°, la combinaison des deux gaz a lieu et se trouve indiquée par le ralentissement du courant gazeux : le gaz

(1) Gaz absorbables par l'acide sulfurique concentré; ils renferment une certaine proportion de benzine.

dégagé ne contient plus d'acétylène et se trouve constitué par de l'éthane, mêlé d'hydrogène, sans proportion appréciable de carbures éthyléniques. L'odeur pétrolique du gaz indique la présence de carbures supérieurs forméniques, dont une proportion notable vient se condenser dans les régions froides du tube. Ces formations liquides sont encore plus nettes vers 250°.

» Si l'on augmente dans le mélange gazeux la proportion d'acétylène, l'action propre du métal sur ce dernier gaz tend à s'introduire en donnant le phénomène observé par MM. Moissan et Moureu, foisonnement carboné du métal et incandescence : des fumées blanches formées en grande partie de benzine se dégagent, mais les gaz demeurent encore composés d'éthane et d'hydrogène, avec un peu de vapeur de benzine sans carbures éthyléniques. L'un de ces gaz renfermait pour 100 :

Acétylène	1,5
Éthane	26,8
Hydrogène	79,6
Vapeur de benzine	2,1

» En comparant l'action des divers métaux étudiés, nickel (*Comptes rendus*, t. CXXVIII, p. 1173; 1899), cuivre (*Comptes rendus*, séance du 5 juin 1900), fer, cobalt, sur le mélange d'hydrogène et d'acétylène, nous voyons qu'ils présentent entre eux des différences remarquables.

» La combinaison des deux gaz, avec production d'éthane qu'accompagne une certaine proportion de carbures forméniques, est réalisée très facilement par le nickel réduit, dès la température ordinaire, et aussi, mais seulement à chaud, par le cobalt : en présence d'un excès d'hydrogène, la dose de carbures éthyléniques obtenus y est négligeable.

» Le cuivre réduit agit moins énergiquement en donnant une quantité plus importante de carbures éthyléniques.

» Le fer réduit est le moins actif de tous et ne conduit qu'à des formations peu importantes d'éthane : les carbures éthyléniques se montrent dans les gaz, en présence de proportions considérables d'hydrogène libre.

» Ces résultats nous permettent de prévoir que l'*hydrogénation de l'éthylène* sera très aisément obtenue, non seulement par le nickel, ainsi que nous l'avons montré antérieurement (1897, *Comptes rendus*, t. CXXIV, p. 1358), mais encore par le cobalt; qu'elle le sera moins facilement par le cuivre, qu'elle sera sans doute très mal réalisée par le fer. C'est ce que nous aurons l'honneur de montrer prochainement. »

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur un produit de décomposition d'une diiodhydrine de la glycérine* [1]. Note de MM. **E. Charon** et **C. Paix-Séailles**.

« La diiodhydrine de la glycérine $CH^2I - CHI - CH^2OH$ se prépare très facilement en dissolvant de l'iode dans l'alcool allylique en léger excès. Le mélange se solidifie et cristallise rapidement [2].

» Ce produit brut a une odeur extrêmement piquante et désagréable qui rappelle celle des aldéhydes iodées de M. Chautard.

» Hübner et Lellmann ont signalé la formation à l'aide de cette iodhydrine et par perte d'acide iodhydrique d'un composé de formule C^3H^5IO dont ils n'ont pu déterminer la véritable nature.

» Ce corps est blanc, très stable à la lumière, bien cristallisé en fines aiguilles, il fond à 160°. Il se sublime très facilement.

» Ce n'est pas de l'épiiodhydrine formée d'après la réaction

$$CH^2I - CHI - CH^2OH = CH^2I - \overset{\diagup\!O\!\diagdown}{CH - CH^2} + HI,$$

car ce composé ne fixe pas l'eau ou les acides pour donner des dérivés glycériques.

» Ce n'est pas non plus un des deux alcools allyliques iodés possibles, soit : $CHI = CH - CH^2OH$ ou $CH^2 = CI - CH^2OH$, car il ne s'éthérifie pas par l'action des chlorures ou anhydrides acétique ou benzoïque.

» Hübner et Lellmann ont laissé de côté la seule interprétation rationnelle.

» Guidés par les faits observés avec la monoiodhydrine du glycol [3] nous avons pu facilement déterminer la vraie nature de ce singulier composé. L'enlèvement d'acide iodhydrique a lieu d'après l'équation

$$CH^2I - CHI - CH^2OH = HI + CH^2I - CH = CHOH.$$

» Le composé formé est donc la β-iodopropionaldéhyde, la forme tautomère vinylique étant instable.

---

(1) Travail fait au laboratoire de M. Haller, à la Sorbonne.

(2) Hübner et Lellmann, *Berichte*, t. XIV, p. 207.

(3) Charon et Paix-Séailles, *Comptes rendus*, t. CXXX, p. 1407.

» On obtient ce composé en présence d'acide iodhydrique libre, par conséquent dans les conditions les plus favorables pour qu'il se forme le polymère.

» Le corps fondant à 160° serait donc la parapropionaldéhyde β iodée.

» L'expérience confirme ces vues théoriques. Rappelons d'abord l'odeur spéciale de la diodhydrine brute.

» Dans leurs expériences, Hübner et Lellmann n'obtenaient qu'un rendement très faible. Ils décomposaient à chaud à la pression ordinaire la diiodhydrine solide ou étendue de chloroforme.

» Divers essais tentés avec les alcalis étendus, les carbonates alcalins, l'oxyde de plomb leur ont donné des résultats encore plus mauvais que la chauffe seule. Nous avons essayé nous-mêmes sans plus de succès l'oxyde d'argent.

» Les rendements sont toujours très faibles en produits cristallisés et l'on obtient à côté une huile lourde iodée. Nous sommes parvenus à de meilleurs résultats en opérant la décomposition au bain-marie sous pression réduite.

» Dans ces conditions il distille un liquide rougeâtre d'odeur très forte d'aldéhyde iodée donnant avec intensité la réaction Schiff lorsqu'il est fraîchement préparé. Cette huile abandonnée à elle-même perd peu à peu son odeur et dépose en petite quantité des cristaux du composé précédent.

» Hübner et Lellmann n'ont pu déterminer sa nature. Après décoloration par l'hyposulfite de soude et séchage, cette huile est indistillable; sous quelque pression que ce soit, elle ne cristallise pas par une réfrigération énergique.

» Nous l'avons traitée par la poudre de zinc en liqueur aqueuse légèrement acidulée. Il se dégage du propylène en abondance.

» Si l'on arrête la réaction le liquide filtré se sépare en deux couches : une couche aqueuse qui surnage et renferme de l'alcool allylique; une couche plus lourde composée d'iodure d'allyle renfermant un peu d'iodure de propyle.

» On peut donc conclure que cette huile est un mélange d'alcool allylique ayant fixé l'iode libre qui passe à la distillation et de dérivés polyiodés du propane.

» D'autre part, le ballon soumis directement à l'action de la chaleur renferme un résidu noirâtre qui ne tarde pas à se solidifier.

» Ce produit débarrassé d'iode par l'hyposulfite de soude, décoloré par le noir animal et recristallisé plusieurs fois dans l'acide acétique, fournit le

dérivé monoiodé avec un rendement bien supérieur à celui des expérimentateurs précédents et pouvant atteindre 12 pour 100 du poids de la diiodhydrine employée.

» La détermination du poids moléculaire de ce corps par la méthode cryoscopique n'est possible qu'en liqueur étendue. Elle donne des valeurs très voisines du poids moléculaire théorique pour $(CH^2I - CH^2 - CHO)^3$.

» Ce composé ne réduit pas la liqueur de Fehling, il ne s'hydrolise pas. Par les acides étendus il reste inaltéré et par les acides concentrés il se résinifie aussitôt avec mise en liberté d'iode.

» L'expérience suivante prouve que c'est bien la parapropionaldéhyde β iodée.

» Chauffé, avec la potasse sèche, dans une petite cornue, il distille un liquide huileux d'où l'on peut séparer de la métacroléine par cristallisation. Ce dernier dérivé a été caractérisé par son point de fusion et par la formation d'acroléine lorsqu'on le chauffe à la pression ordinaire.

» Ces réactions sont identiques à celles obtenues avec la parapropionaldéhyde β chlorée [1], sauf en ce qui concerne l'action des acides qui déplacent l'iode, alors qu'avec l'isomère chloré les composés formés dans l'hydrolyse sont stables.

» Nous supposons l'iode en position β en raison de la stabilité du produit et de son origine. On peut préparer un isomère de ce corps beaucoup moins stable dans lequel l'iode est vraisemblablement en position α. Son étude fera l'objet d'une prochaine Communication.

» On voit que, dans le cas étudié dans cette Note, la réaction s'interprète très bien, en admettant que la présence de l'iode donne une grande mobilité à un des hydrogènes rattachés au carbone du groupement fonctionnel alcool.

» Cette propriété paraît spéciale aux iodhydrines et doit être généralisée. »

---

[1] Grimaux et Adam, *Bull. Soc. Chim.*, vol. XXXVI, p. 23.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action de l'acétylène sur le chlorure cuivreux dissous dans une solution de chlorure de potassium.* Note de M. **Chavastelon.**

» M. Berthelot [1] a, depuis longtemps, observé que l'acétylène agissant, à froid, sur le chlorure cuivreux dissous dans le chlorure de potassium, détermine suivant la vitesse de dégagement la formation soit d'un précipité jaune cristallin, soit d'un précipité amorphe violet pourpre, soit des deux corps à la fois.

» J'ai constaté en outre que par une action prolongée de l'acétylène sur la même solution il apparaît, parmi les cristaux jaunes, de volumineux cristaux incolores, appartenant au système orthorhombique.

» Si dans le but d'éliminer, aussitôt après sa formation, le composé violet pourpre qui gêne l'observation, on filtre la liqueur jaune qui le baigne, (dans une atmosphère d'acétylène), on voit les bords du filtre et les premières portions de la liqueur limpide se teinter en violet pourpre; presque aussitôt la liqueur se trouble par la formation d'une nouvelle quantité du précipité violet pourpre. Des filtrations successives n'ont guère plus de succès.

» On réussit mieux si avant la filtration on maintient assez longtemps l'action de l'acétylène, à la condition, toutefois, que tous les objets servant à la filtration aient été parfaitement desséchés.

» Ce précipité violet pourpre n'est autre que la combinaison déjà décrite [2] dans une Note antérieure,

$$C^2H^2Cu^2Cl^2Cu^2O,$$

et résulte de la dissociation par l'eau du composé

$$C^2H^2Cu^2Cl^2$$

d'après l'équation

$$(1)\quad 2(C^2H^2.Cu^2Cl^2) + H^2O = C^2H^2.Cu^2Cl^2.Cu^2O + C^2H^2 + 2HCl;$$

sa formation est donc corrélative de la mise en liberté, au sein de la liqueur,

---

(1) *Ann. de Chim. et de Phys.*, t. IX, p. 388; 1866.

(2) *Comptes rendus*, 4 juillet 1898.

d'une certaine proportion d'acide chlorhydrique, et la transformation précédente est limitée par la réaction inverse

$$(2)\quad C^2H^2.Cu^2Cl^2.Cu^2O + 2HCl = C^2H^2Cu^2Cl^2 + Cu^2Cl^2 + H^2O.$$

» La proportion d'acide chlorhydrique qui détermine l'équilibre est, pour une même liqueur, fonction de la température, car la transformation (2) qui règle cet équilibre est fonction de la même variable.

» En effet, tandis que $0^{gr},334$ d'acide chlorhydrique pour 100 empêchent à la température de 72° la formation du précipité violet pourpre, il faut pour un résultat analogue

$5 \times 0^{gr},334$ pour 100 d'acide chlorhydrique à ..... $t = +13°$
$7 \times 0^{gr},334$ » ..... $t = +8°$

» D'après cela, il suffit d'ajouter à la solution de chlorure cuivreux et de chlorure de potassium, avant de faire agir l'acétylène, 4^{cc} pour 100 d'acide chlorhydrique concentré et pur (à 22° B.) pour n'avoir plus à la température ordinaire que des cristaux jaunes ou des cristaux incolores. J'ai reconnu que l'on peut, sans aucun inconvénient, augmenter la proportion d'acide chlorhydrique et ajouter 5^{cc} pour 100 et au delà d'acide chlorhydrique concentré.

» Je prépare les solutions en réduisant par le cuivre, dans un courant de gaz CO^2, une solution contenant

cc 10	pour 100	de chlorure cuivrique cristallisé
20	»	chlorure de potassium
5	»	d'acide chlorhydrique concentré

» On sépare l'excès de cuivre en filtrant à chaud dans une atmosphère de CO^2.

» Par refroidissement, une partie du chlorure cuivreux se précipite à l'état cristallisé et une nouvelle filtration fournit une liqueur saturée.

» Lorsque, dans cette dernière, on fait arriver de l'acétylène bulle à bulle, la coloration jaune se manifeste immédiatement et peu après apparaissent des aiguilles microscopiques jaunes; le précipité devient assez vite abondant, puis la liqueur perd sa teinte jaune; elle se décolore presque et des cristaux incolores commencent à se déposer.

» Au contraire, avec un dégagement d'acétylène rapide, la même solution fournit presque exclusivement des cristaux incolores.

» Si dans la liqueur même contenant les cristaux jaunes on maintient un temps suffisant, plusieurs jours, le courant d'acétylène, non seulement le dépôt des cristaux incolores augmente, mais tous les cristaux jaunes se transforment en cristaux incolores.

» Inversement, si dans la liqueur où il n'y a plus que des cristaux incolores, on enlève, à la température ordinaire, de l'acétylène par un courant d'acide carbonique, on assiste à la métamorphose lente, mais intégrale, des cristaux blancs en cristaux jaunes.

» D'où il résulte, avec la plus grande netteté, que la nature du dépôt formé au sein d'une même liqueur est fonction uniquement de la quantité d'acétylène disponible.

» Il est en outre facile d'obtenir à volonté, et sans mélange, l'une ou l'autre espèce de cristaux.

» Dans une prochaine Communication je donnerai les résultats des analyses et j'interpréterai les faits observés. »

CHIMIE ORGANIQUE. — *De l'alcalimétrie et de l'acidimétrie en analyse volumétrique.* Note de M. A. Astruc.

« Des études alcalimétriques et acidimétriques dont je me suis déjà occupé dans plusieurs Notes précédentes, je suis amené à présenter quelques observations générales ayant surtout trait aux dosages volumétriques de quelques séries de corps organiques.

» J'ai successivement porté mes recherches sur les amines, les phénols et les acides.

» Les résultats obtenus avec ces trois groupes de corps peuvent être classés en deux catégories; ceux qui proviennent : 1° de la comparaison des colorants entre eux en présence d'une même classe de corps, et 2° de la comparaison d'une même classe de corps vis-à-vis d'un même colorant.

» N'est-il pas remarquable, par exemple, de voir dans le tableau des indicateurs, dressé successivement par MM. Thomson, Halphen et Glaser, certains réactifs classés comme intermédiaires se conduire tantôt comme l'hélianthine A, tantôt comme la phtaléine du phénol, deux corps qui constituent avec le bleu Poirrier les termes extrêmes de l'échelle? Tandis qu'avec toutes les monoamines, les diamines, la phénylhydrazine, avec la plupart des acides organiques, la teinture de tournesol, le tournesol orcine,

l'acide rosolique se conduisent comme la phtaléine et donnent des résultats de dosage semblables, avec les diamines grasses et l'hydrazine les virages sont, au contraire, conformes à ceux obtenus avec l'hélianthine.

» Mais ce n'est pas tout : les expériences alcalimétriques permettent, parallèlement aux données thermochimiques, de démontrer expérimentalement l'abaissement progressif dans la basicité des ammoniaques composées, depuis les amines grasses, bases fortes comparables à l'ammoniaque, jusqu'à la diphénylamine, qui ne possède pour ainsi dire plus de caractère basique. C'est ainsi que les monoamines grasses sont dosables à la phénolphtaléine, à l'hélianthine A, etc., que les monoamines aromatiques, bases faibles, par suite de l'intervention du radical aromatique, sont monoacides à l'hélianthine seulement, et qu'enfin la diphénylamine est neutre à tous les colorants. Cet abaissement est encore produit par la substitution à l'hydrogène ammoniacal de radicaux électronégatifs tels que Br, AzO^2 (aniline bromée, aniline nitrée).

» En outre, il est curieux de constater que les diamines grasses, corps possédant deux groupements AzH^2 qui, d'après les expériences sur les monoamines grasses, devraient être biacides aux réactifs, possèdent, en réalité, deux fonctions basiques bien différentes : l'une comparable aux bases fortes influe sur la phtaléine du phénol ; l'autre, base faible, est indiquée avec exactitude par l'hélianthine A, et avec assez de netteté par les réactifs colorants intermédiaires.

» Ces faits, la plupart décrits par M. Berthelot, ont été étendus à l'hydrazine qui, bien que privée d'atome de carbone, possède néanmoins deux groupements ammoniacaux, comme les diamines grasses, et se comporte alcalimétriquement comme elles.

» Mais, ici encore, l'introduction d'un radical aromatique joue le même rôle que dans les monoamines, en abaissant de nouveau la basicité (phénylènediamines, phénylhydrazines).

» En tenant compte de ces observations, l'on peut, avec un réactif indicateur approprié, effectuer le titrage alcalimétrique des amines.

» Dans l'acidimétrie des acides organiques, la plupart des colorants : phtaléine, tournesol, tournesol orcine, acide rosolique, accusent une acidité dépendant essentiellement de la présence des carboxyles, et permettent toujours d'effectuer le titrage en tenant compte du nombre des CO^2H contenus dans la molécule. Il faut cependant excepter les acides aminés gras : le glycocolle est, en effet, neutre à ces réactifs, et l'acide

aspartique, malgré la présence de deux CO^2H, est seulement monobasique.

» Mais l'acidimétrie des acides organiques prend un intérêt particulier, si on la considère vis-à-vis de l'hélianthine A. S'il y a analogie complète entre les phénomènes thermochimiques et acidimétriques, le plus souvent les réactions de partage, conséquence naturelle des chaleurs de formation peu élevées, empêchent de voir nettement la fin du virage. Toutefois, dans les conditions d'expérience, à partir d'un certain moment, les phénomènes de partage cessent, et l'on observe bientôt que l'excès d'alcali amène la teinte jaune caractéristique du méthylorange en milieu alcalin. Ce moment, qu'un peu d'habitude permet de saisir d'une façon suffisamment nette, est d'autant plus près de la saturation réelle de l'acide, que ce dernier possède une plus grande énergie chimique mesurée par les chaleurs de formation des sels solides. Dans tous les cas, les indications obtenues avec l'hélianthine, tout en permettant de vérifier les données thermochimiques, sont surtout qualitatives et s'opposent généralement à un titrage rigoureux de l'acide.

» La présence, dans la molécule de ce dernier, d'un élément électronégatif tel que Cl, Br, AzO^2, OH, de double ou triple liaison, augmente fortement l'affinité de la fonction acide, et le corps formé peut alors, dans certains cas, être titré au méthylorange : c'est le cas pour les acides chloracétique, o.-chloro, o.-nitro et o.-oxybenzoïques. Il en est de même pour le trinitrophénol, qui, tout en ne possédant pas de carboxyle, se conduit comme si la molécule contenait une fonction acide fort.

» Enfin, le bleu Poirrier qui, dans la plupart des amines, ne donne pas de résultat précis, peut être employé comme agent indicateur de titrage, non seulement pour les acides organiques à fonction simple ou complexe, mais encore pour le phénol, et pour les monoacides phénols à fonction phénolique en position para (acide paraoxybenzoïque, acide protocatéchique, acide vanillique); ici, bien entendu, la basicité de l'acide dépend à la fois du carboxyle et de l'oxhydrile; le virage ne se produit qu'après addition de deux molécules d'alcali pour une molécule d'acide; de plus, les deux carboxyles de l'acide aspartique sont décelables à ce réactif.

» Ainsi donc, il ressort de cette étude que l'emploi d'un réactif indicateur de virage ne peut être généralisé en analyse volumétrique. Les phénomènes alcalimétriques et acidimétriques d'un corps, ainsi que l'a exprimé M. Berthelot, sont donc à la fois sous la dépendance des diverses fonctions

de ce corps et du réactif colorant employé. Le virage de celui-ci relève plutôt des chaleurs de formation des sels à l'état solide que des chaleurs de neutralisation des acides. »

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Fixation des argiles en suspension dans l'eau par les corps poreux*. Note de M. J. THOULET.

« Dans les nombreuses analyses de fonds marins auxquelles je me suis livré depuis quelques années et particulièrement dans celles de quarante-trois échantillons de fonds recueillis dans l'Iroise (*Comptes rendus*, t. CXXX, p. 1420, 21 mai 1900), j'avais été frappé de la quantité considérable d'argile obtenue en attaquant par l'acide chlorhydrique étendu les coquilles vieilles, entières ou en débris, qui dans certaines régions jonchent le fond de la mer. D'autre part, l'attaque par l'acide étendu de coquilles fraîches ne donne que des proportions d'argile extrêmement faibles, ainsi que je l'ai constaté spécialement sur des moules qui, cependant, vivent dans des eaux plutôt troubles. J'ai donc été amené à supposer que cette fixation de l'argile dans les coquilles avait lieu, non pas pendant la formation de celles-ci, mais après la mort des animaux qui les habitaient, et que cette propriété, qui ne pouvait guère dépendre que de la porosité, devait être générale à tous les minéraux ou roches poreux. Pour vérifier mon opinion, j'ai exécuté les quatre expériences suivantes :

» Des fragments de pierre ponce et de charbon de bois, après avoir été polis autant qu'il a été possible de le faire avec une lime douce afin d'enlever les principales aspérités, ont été pesés. Ils ont été complètement imbibés en les plaçant dans de l'eau sous la cloche pneumatique et en les faisant, à de nombreuses reprises, bouillir et refroidir dans de l'eau de manière qu'ils cessent de flotter, puis ils ont été pesés de nouveau jusqu'à ce que leur poids fût devenu sensiblement fixe. Ils ont été alors placés dans une eau tenant en suspension de l'argile de Vanves, essuyés chaque jour et pesés jusqu'à constance sensible de leur poids. L'opération a duré sept jours. Les fragments ont été ensuite lavés pendant dix heures dans de l'eau courante, conservés pendant trois jours dans de l'eau pure fréquemment renouvelée, essuyés, desséchés à 120° et pesés une dernière fois.

	Ponce I.	Charbon I.	Ponce (4 fragments).	Charbon (4 fragments).
Poids primitif	4,2847	1,0906	3,2248	2,8602
Poids après dessiccation.	4,5230	1,0373	3,3808	2,6867
Argile fixée...........	0,2383	— 0,0533	0,1516	— 0,1735

» Il résulte de ces chiffres que :

» 1° La pierre ponce a fixé environ 5 pour 100 d'argile;

» 2° Le charbon semble avoir, au contraire, perdu du poids.

» L'anomalie s'explique par les lavages et les ébullitions successives qui ont non seulement détaché de petites esquilles visibles à l'état de poussières noires, mais ont dissous des sels solubles. Pour le démontrer, on a incinéré les fragments du charbon soumis au traitement et des fragments types pris au même morceau d'où avaient été enlevés les fragments traités.

» 1,0665 charbon type ont donné 0,0097 cendres, soit 0,909 pour 100.

» 1,2039 charbon argileux ont donné 0,0229 de cendres, soit 1,902 pour 100 correspondant à une fixation d'argile de 0,993 ou 1 pour 100.

» Les corps poreux fixent donc à la surface de leurs pores les matières argileuses en suspension dans l'eau, au sein de laquelle ils sont flottants ou immergés. Le phénomène se rattache aux phénomènes d'attraction moléculaire dont j'ai constaté l'existence entre les corps immergés et les corps dissous dans le liquide (*Comptes rendus*, t. XCIX, p. 1072; t. C, p. 1002 et 1894).

» Les poussières volcaniques légères, qui jouent un rôle si important dans la constitution des sols sous-marins, clarifient l'eau de surface pendant qu'elles flottent et leur chute sur le fond est ainsi hâtée.

» Les coquilles vieilles ayant fixé de l'argile, l'usure mécanique qu'elles subissent sur le fond s'exerce non seulement sur du carbonate de chaux pur, mais sur un mélange particulier de carbonate de chaux et d'argile donnant ainsi naissance à une argile calcaire entraînée lentement par les flots et déposée au large à un état qui n'est ni une combinaison chimique, puisque les proportions ne sont pas constantes, ni à un simple mélange, puisqu'il résiste au lavage avec une grande énergie, mais un mélange dans des conditions spéciales qu'il y a lieu de prendre en sérieuse considération dans les théories relatives à la formation des calcaires toujours plus ou moins argileux au sein des eaux. »

ZOOLOGIE. — *Note préliminaire sur les Crustacés décapodes provenant de l'expédition antarctique belge.* Note de M. H. Coutière, présentée par M. Edmond Perrier.

« Parmi les Crustacés décapodes recueillis par l'expédition antarctique belge, et dont l'étude nous a été confiée, se trouve la remarquable espèce *Crangon antarcticus* Pfeffer, qu'a fait connaître en 1877 l'expédition

antarctique allemande, et qui est, pour la deuxième fois, rapportée de cette région.

» Les spécimens de Pfeffer provenaient de l'île Géorgie du Sud, située dans l'Atlantique par 54° lat. sud et 39° long. ouest de Paris.

» Les 6 exemplaires recueillis par les naturalistes de la *Belgica* l'ont été aux stations suivantes :

		Lat. sud.	Long. ouest de Greenwich.				Profondeur.
Station 274.	11 mai 1898	»	»	Chalut	I	3 ex. ♂	»
Station 298.	12 »	»	»	Faubert	II	2 ex. ♀	»
Station 371.	18 »	71°18′	88°02′	»	IV	1 ex. ♂	»

» Les profondeurs des pêches n'ont pas été évaluées spécialement à ces stations, mais les sondages effectués dans un espace restreint des mêmes parages ont donné des profondeurs constantes de 400^m à 500^m.

» L'étude du *Crangon antarcticus* présente un intérêt considérable ; c'est la seule espèce de la famille des *Crangonidæ* qui ait été jusqu'à présent reconnue dans la région américaine antarctique, et l'on voit que son aire de dispersion a été très agrandie par les recherches de la *Belgica*. Cette espèce a fourni en outre à Pfeffer un argument de valeur notable en faveur de la thèse sur la « bipolarité » des faunes. Pour cet auteur, en effet, non seulement le genre *Crangon* est bipolaire, mais le *Crangon antarcticus* présente les plus étroites ressemblances avec une espèce boréale, le *Cr. Franciscorum* Stimpson, commun sur la côte occidentale de l'Amérique du Nord, à la hauteur de la Californie et de Puget Sound.

» Les vues théoriques sur la bipolarité, telles que les ont soutenues Théel, Pfeffer, J. Murray, ont été soumises depuis à des critiques nombreuses, tendant à démontrer le caractère exceptionnel de cette similitude de formes, ou à l'expliquer par la distribution cosmopolite de celles-ci. En particulier, Ortmann, admettant d'après Pfeffer la presque identité du *Cr. Franciscorum* et du *Cr. antarcticus*, explique la présence de cette dernière espèce dans l'Antarctique par l'hypothèse d'une migration de la première le long de la côte ouest américaine, migration dont on reconnaîtra, dit-il, tôt ou tard la réalité. Une espèce sud-africaine, le *Crangon capensis* Stimpson, serait venue par une voie analogue de la région boréale atlantique.

» L'étude du *Crangon antarcticus* nous a montré que ces déductions étaient les unes et les autres inexactes, car si cette espèce présente d'in-

discutables analogies avec celles du genre *Crangon*, elle en présente également avec celles du genre *Sclerocrangon* et avec les espèces abyssales du genre *Pontophilus*, qu'ont fait connaître les grandes campagnes d'explorations sous-marines.

» Les épines céphalothoraciques et les deux premières paires de pattes, chez le *Crangon antarcticus*, présentent la même forme que chez le *Cr. Franciscorum*, et, comme il est délicat de distinguer cette espèce elle-même du *Cr. affinis* du Japon, et du *Cr. vulgaris* de nos côtes, il n'y a aucune raison d'en rapprocher particulièrement l'espèce antarctique.

» La formule branchiale du *Cr. antarcticus* n'est pas celle des *Crangon*. Elle en diffère par l'absence d'une arthrobranchie sur le troisième maxillipède et se rapproche par ce caractère des espèces du genre *Sclerocrangon*, *Scl. boreas* Phipps; *Scl. munitus* Dana; *Scl. Agassizii* Smith, qui ont, de même, cinq pleurobranchies seulement. La première de ces espèces est circumpolaire arctique, la troisième est de l'Atlantique nord américain.

» Le *Cr. antarcticus* se rapproche à la fois des espèces précédentes des genres *Crangon* et *Sclerocrangon* par la forme générale des pléopodes. En particulier, la rame interne de la deuxième paire de ces membres est dépourvue d'appendice fixateur ou *stylamblis*, mais, chez les *Crangon* et *Sclerocrangon*, cette rame interne est très courte, formée d'une partie basale prolongée latéralement et armée de fortes épines et d'une partie terminale foliacée et bordée de soies. Chez le *Crangon antarcticus*, la rame interne, aussi longue que son opposée, est uniquement représentée par la partie basale où se remarquent seulement quelques fines spinules.

» Enfin, par la forme générale du corps, le *Crangon antarcticus* rappelle étroitement les espèces abyssales : de *Pontophilus*, *P. Challengeri*, *P. profundus*, *P. junceus* Sp. Bate, *P. occidentalis* Faxon. Comme chez ces formes, le rostre est étroit et allongé, le scaphocérite très grand, le céphalothorax déprimé et élargi, ainsi que la moitié antérieure de l'abdomen. Celui-ci se courbe brusquement à partir du troisième segment, le sixième pléosomite est très grêle et allongé, le telson plus court que les uropodes.

» La superposition de ces divers ordres de caractères assigne au *Crangon antarcticus* une place entièrement à part dans le genre *Crangon*, et pourrait justifier sa séparation, au moins dans un sous-genre, pour lequel nous proposerions le nom de *Notocrangon* rappelant son origine. Nous ne le faisons toutefois qu'avec hésitation, de même que nous n'avançons aucune théorie nouvelle pour suppléer les vues de Pfeffer et d'Ortmann, en raison de

l'état imparfait de nos connaissances sur les caractères réels de beaucoup de *Crangonidæ*. Les recherches zoogéographiques sont parfaitement vaines si elles ne se fondent pas sur des affinités certaines entre les êtres dont elles s'efforcent d'établir le mode de dispersion. »

BOTANIQUE. — *Sur les embryons du blé et de l'orge pharaoniques.* Note de M. **Edmond Gain**, présentée par M. Gaston Bonnier.

« M. Maspero, que nous remercions vivement, a bien voulu nous confier, pour les étudier, de nombreux échantillons végétaux choisis par lui parmi les collections authentiques qu'il a récoltées pour la plupart, et qui figurent actuellement au Musée de Boulaq.

» La présente Note est relative aux douze échantillons de blés et d'orges qui ont été étudiés. Les blés et les orges viennent des fouilles de Gébelein, Gournah, Saqqarah, Denderah, Thèbes. Ces grains se rapportent à des époques diverses, notamment aux ve, ixe, xviiie, xxe, xxie dynasties. Les échantillons les plus anciens remontent, comme on le voit, à environ quarante et un siècles avant notre ère. Les graines répandues dans le commerce sous le nom de *blé de momie* ne présentent aucune authenticité. Tout le monde admet comme sans valeur l'expérience du comte de Sternberg qui croyait avoir obtenu la germination de deux grains de blé pharaonique. D'autre part, Alphonse de Candolle [1], ne considère pas comme impossible qu'une graine ait pu garder pendant quarante ou cinquante siècles sa faculté germinative. Il suppose en outre implicitement que les blés pharaoniques n'ont pas subi de préparations leur enlevant le pouvoir germinatif avant leur dépôt dans les hypogées.

» Laissant ici de côté cette dernière question et toute autre question connexe, nous nous sommes d'abord proposé de vérifier, par l'examen microscopique d'un grand nombre d'échantillons, si véritablement les grains pharaoniques de diverses origines avaient parfois conservé une organisation interne compatible avec la possibilité d'un réveil germinatif.

» Il faut constater qu'extérieurement les grains pharaoniques sont ordinairement d'un très bel aspect. Le seul caractère externe un peu notoire consiste le plus souvent dans une teinte rouge brunâtre déjà signalée par

(1) A. de Candolle, *Origine des plantes cultivées*, p. 290. Paris, 1882.

Kunth [1] et Raspail [2]. De son côté Bonastre [3] a trouvé que, dans les végétaux des tombeaux égyptiens « plusieurs des principes immédiats sont » susceptibles de conserver indéfiniment leurs principales propriétés chi» miques. La réaction iodée par exemple se produit encore parfaitement » avec l'amidon des grains pharaoniques ». On obtient aussi une hydratation normale de l'amidon, et formation d'empois. Ainsi que nous l'avons aussi vérifié, les cellules amylacées et les grains d'amidon ont conservé leurs formes. Le grain est attaqué rapidement par la ptyaline et solubilisé avec facilité. Même en laissant de côté les réserves azotées, dont l'étude n'est pas terminée, on peut tirer la conclusion suivante : l'organisation de l'albumen est restée telle que certaines matières nutritives ont peu varié chimiquement, et sont susceptibles d'être utilisées par un germe viable. Ceci est un fait très remarquable de stabilité d'une substance organique placée dans des conditions spéciales.

» D'ailleurs M. Van Tieghem [4] a démontré que l'organisation cellulaire de l'albumen n'est pas indispensable à la germination. Dans les Graminées, en effet, l'albumen est passif. C'est l'embryon qui l'attaque, le dissout et le digère [5]. L'agent zymotique est formé dans l'embryon et s'épanche sur sa surface de contact avec l'albumen.

» Pour qu'un grain de blé antique puisse germer, il faudrait donc trois conditions : 1° que ses réserves soient chimiquement restées intactes, ce qui est le cas pour beaucoup des blés et orges pharaoniques; 2° que l'embryon ait conservé une organisation telle que l'enzyme nécessaire à la digestion des réserves puisse encore se produire; 3° si la condition précédente était réalisée, il faudrait, en outre, que l'embryon soit resté en contact avec les réserves pour pouvoir assurer leur digestion.

» Voyons si les deux dernières conditions sont réalisées.

» Des coupes longitudinales et transversales ont été faites au moyen

---

(1) Kunth, *Examen botanique des fruits et des plantes de la collection égyptienne*. J. Passalacqua; 1826 (*Ann. des Sc. nat.*, t. VIII).

(2) Raspail, *Annales des Sc. nat.*, 1825. — *Mém. du Muséum d'Histoire naturelle de Paris*, 1828.

(3) Bonastre, *Journal de Pharmacie*, t. XIV, p. 430; 1828 : *Sur quelques substances végétales trouvées dans l'intérieur des cercueils des momies égyptiennes.*

(4) Van Tieghem, *Annales de l'École Normale supérieure*, 1872.

(5) Van Tieghem, *Traité de Botanique*, 2e édition, p. 953. — *Annales des Sciences naturelles*, 5e série, t. XVII; 1878.

de la méthode simple d'inclusion dans de la gomme arabique glycérinée, après gonflement des grains dans l'eau.

» A. On a vérifié ainsi très nettement que l'adhérence du germe avec l'albumen n'existe plus. L'embryon peut se séparer en entier sans aucune difficulté, si facilement même que, sur divers lots d'une centaine de grains, il y en a quelques-uns qui ont perdu leur germe. Celui-ci s'est simplement détaché sans que le grain présente de lésion apparente; souvent il peut y avoir encore une sorte de contact, mais très différent de l'adhérence physiologique constatée sur des grains modernes.

» B. L'embryon a conservé son organisation cellulaire, mais chaque cellule a subi une altération chimique très apparente qui atteste chez toutes les graines étudiées qu'il s'agit là de germes morts depuis très longtemps. Nous exposerons ailleurs le détail des observations qui établissent le fait précédent et nous signalons seulement ici quelques faits : Le scutellum et tout le reste de l'embryon sont d'une teinte rouge brun résinoïde très accentuée. De nombreuses réactions microchimiques ont été essayées sur les cellules des embryons antiques et ont donné des résultats différents de ceux que présentent les embryons modernes, même âgés de cinquante ans. Le plateau de contact de l'embryon avec l'albumen présente la même modification; il n'y a pas de doute qu'il est depuis longtemps incapable de remplir éventuellement son rôle physiologique. Tous les embryons sont d'une fragilité extrême même après leur imbibition dans un liquide glycériné.

» En dehors des faits spéciaux de colorations microchimiques qui ont ici une certaine valeur, un des caractères les plus saillants, qui renseigne sur l'impossibilité d'un retour à la vie, consiste dans l'isolement fréquent d'éléments cellulaires voisins. Les séries linéaires de cellules de la radicule, par exemple, ne sont plus toujours en contact; les éléments d'une file de cellules sont eux-mêmes fréquemment séparés par altération des lames moyennes intercellulaires. On voit donc que, dans certaines parties tout au moins, il n'y a plus de solidarité entre les éléments qui formaient les organes de l'embryon. Celui-ci n'existe donc plus qu'en apparence, il est en quelque sorte dans une première phase de fossilisation qui dure déjà depuis longtemps.

» La conclusion, en ce qui concerne le blé et l'orge pharaoniques, est donc contraire à ce qu'admettait Alphonse de Candolle, et après lui quelques traités classiques :

» *Les Céréales pharaoniques, malgré leur apparence extérieure de bonne conservation, ne possèdent plus une organisation cellulaire compatible avec un réveil germinatif.*

» *Leurs réserves sont souvent chimiquement bien conservées et utilisables par un germe viable, mais l'embryon a subi une transformation chimique très*

accentuée et n'est plus viable. Cette altération chimique indique même que la vie ralentie du grain est abolie depuis très longtemps.

» Le problème se pose donc de fixer les diverses étapes du vieillissement du grain et les signes de sa mort : c'est ce que nous avons entrepris par l'étude comparée de graines moins anciennes et remontant seulement aux derniers siècles écoulés. »

PHYSIOLOGIE. — *Rapport de l'azote aux chlorures dans le contenu stomacal en digestion.* Note de MM. **J. Winter** et **Falloise** (¹), présentée par M. Armand Gautier.

« Il existe, entre la matière azotée *dissoute* et les chlorures du contenu stomacal en digestion, une relation remarquable que nous donnons ci-après et dont nous nous réservons de développer ailleurs le sens théorique.

« Cette relation découle de faits déjà signalés antérieurement (²) : I. Sur le rôle de la concentration dans les transformations humorales; II. Sur la manière dont l'un de nous conçoit l'origine des acides chlorhydriques du suc gastrique qu'il rattache à la dissociation des chlorures minéraux dans l'estomac même.

» Tous les dosages étant rapportés à 100^{cc}, si T exprime le chlore total, F les chlorures minéraux (en unités de HCl) du suc gastrique, m le rapport $\frac{R}{\Delta}$ du résidu à l'abaissement du point de congélation, m_0 une valeur limite de m, enfin si l'on représente par Az l'azote *dissous* actuel du chyme, Az_0 l'azote initial en dissolution dans le liquide ingéré, et par q une constante dont nous dirons un mot plus loin, on peut écrire

$$(1) \qquad Az = Az_0 \pm q(m - m_0)\sqrt{T^2 \pm T(T - 2F)} \; (^3).$$

» Il est entendu que l'on ne se préoccupe ici ni de la cause intime, vitale, des phénomènes dont cette formule suppose l'existence et la corrélation, ni de la raison qui nous a dicté la forme de l'expression sous le radical.

» En mettant l'équation précédente sous la forme suivante, elle traduit mieux notre pensée :

$$(2) \qquad \frac{Az - Az_0}{m - m_0} = q\sqrt{T^2 \pm T(T - 2F)}.$$

(¹) Travail du laboratoire de M. le professeur Hayem.

(²) J. Winter, *Comptes rendus*, 17 juillet 1893, et *Arch. de Physiol.*, t. VIII, 1896 (quatre Mémoires).

(³) Le premier signe — de la formule n'a aucune application physiologique.

» Si l'on veut bien remarquer que le premier membre de cette nouvelle équation croît avec l'état de division de la matière azotée, notre relation exprime que cet état de désagrégation est, à tout instant, proportionnel à la quantité $\sqrt{T^2 \pm T(T-2F)}$ qui, selon nous, représente l'état actuel de la dissociation des chlorures du suc gastrique.

» Faisons $T = F$. Cette condition équivaut à l'absence totale d'acides chlorés; elle correspond, dans notre pensée, à l'arrêt *définitif* ou *transitoire* de la dissociation des chlorures. Elle entraîne l'annulation de l'*une seulement* des racines de notre équation, mais laisse subsister l'*autre* qui devient $qF\sqrt{2}$ et *ne peut s'annuler* que pour $q = 0$ ou $F = 0$.

» La première de ces racines correspond au commencement ou à la fin normale de la digestion; la seconde répond au *maximum de condensation* des éléments dissous compatible avec q et avec l'état actuel de m; elle répond, par conséquent, à une *suspension purement transitoire* du travail chimique et non à l'*apepsie* comme on le pense couramment. Elle révèle, en effet, l'existence théorique d'une quantité d'azote dissous, égale à $(m - m_0)qF\sqrt{2} + Az_0$, incompatible avec toute idée d'apepsie.

» Ce cas, prévu par notre théorie, *est confirmé par l'expérience*. Il échappe totalement à l'analyse chimique courante quand, suivant l'habitude classique, celle-ci n'est effectuée et interprétée qu'au seul profil des acides chlorhydriques, à l'exclusion des chlorures minéraux et de la concentration.

» L'apepsie *vraie* exige $q = 0$ ou $T = 0$. En ce qui concerne la constante q, écrivons $q = KL$. Alors K est une constante générale et L une quantité *supposée proportionnelle à l'intervention active, dynamique,* de l'organisme dans la digestion. D'après nos expériences L est invariable, chez un même individu, pendant une même digestion, tant que m ne dépasse pas certaines limites que nous ne saurions préciser actuellement.

» Chez la même espèce animale, et pour le même repas, nous n'avons trouvé pour L que deux valeurs distinctes : L' et L'', dont l'une est sensiblement les $\frac{2}{3}$ de l'autre. q subit, naturellement, les mêmes fluctuations que L.

» Les formules précédentes ne s'appliquent, *sous la forme donnée,* qu'aux cas les plus simples où il n'existe pas d'HCl *libre* dans le milieu. Les autres cas en modifient la forme, mais non le principe.

» Voici quelques résultats (sans HCl *libre* dans le milieu) : chez le chien, après repas de viande et d'eau, Az_0 étant déterminé directement; chez l'homme, après repas de pain et de thé, Az_0 étant négligeable, en général, et négligé dans ces exemples :

I. — *Chiens.*

Az		Az	
trouvé.	calculé.	trouvé.	calculé.
0,320	0,316	0,204	0,204
0,353	0,357	0,222	0,219
0,580	0,580	0,330	0,333
		0,340	0,341

II. — *Hommes.*

Az	
trouvé.	calculé.
0,369	0,361
0,179	0,175
0,312	0,322

» Les deux exemples suivants se rapportent, chez l'homme, à des *apepsies classiques*. La quantité notable d'azote dissous *dément absolument l'apepsie supposée et le calcul dégage nettement l'erreur* (1).

Az trouvé.	Az calculé.	
0,285	0,288	Az_0 étant négligé.
0,408	0,379	

» On voit, en somme, que les fluctuations de l'azote suivent de très près nos prévisions théoriques.

» Nous pensons que ces faits contribueront à modifier les idées courantes sur les phénomènes digestifs. Préoccupés exclusivement de l'origine et du rôle présumés de l'HCl du suc gastrique, les physiologistes ont totalement négligé le côté dynamique de ces phénomènes. »

A 4 heures, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 4 heures et demie.

M. B.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans la séance du 11 juin 1900.

Histoire de la Faculté des Sciences de Rennes, par L. Joubin. Rennes, imp. Fr. Simon, 1900; 1 vol. petit in-4°. (Présenté par M. Perrier.)

Notes zoologiques, par Gallien Mingaud; troisième fascicule. Nîmes, 1900; 1 fasc. in-8°. (Hommage de l'Auteur.)

Description des machines et procédés pour lesquels des brevets d'invention ont été pris sous le régime de la loi du 5 juillet 1844; t. XCVI, 1re et 2e Parties, année 1895. Paris, Imprimerie nationale, 1900; 2 vol. in-8°.

Société d'Agriculture, Sciences et Arts, centrale du département du Nord,

(1) Dans tous ces exemples, l'azote est exprimé en unités d'HCl dans le rapport de $\frac{36,5}{14}$.

séant à Douai, 1799-1899; *Fêtes du Centenaire. Exposition; Catalogue*, 1re, 2e et 3e Parties. Douai, 1899; 3 fasc. in-8°.

Société d'Agriculture, des Sciences et des Arts, centrale du département du Nord : Bulletin du Comice agricole. Année 1897 (2e Partie); année 1898 (1re et 2e Parties); année 1899 (1re Partie). Douai, 1898-99; 4 fasc. in-8°.

Mémoires de la Société d'Agriculture, des Sciences et Arts, centrale du département du Nord; 3e série ; t. VI, 1895-1896; t. VII, 1897-98. Douai, O. Duthillœul, 1898-1899; 2 vol. in-8°.

Bulletin de la Société académique d'Agriculture, Belles-Lettres, Sciences et Arts de Poitiers; n° 338; janvier, février et mars 1900. Poitiers; 1 fasc. in-8°.

Industrie du fer de l'Oural en 1899, rédigé par D. MENDELÉEFF (en russe). Saint-Pétersbourg, 1900; 1 vol. in-8°. (Hommage de l'Auteur.)

Recherches expérimentales sur les oscillations de la balance, par D. MENDELÉEFF; traduit du russe par Mlle O. OZAROWSKY. Saint-Pétersbourg, 1900; 1 vol. in-4°. (Hommage de l'Auteur.)

Die Fauna der silurischen Ablagerungen des Gouvernements Podolien, von P. WENJUKOW (en russe, avec résumé en allemand). Saint-Pétersbourg, 1899; 1 vol. in-8°. (Présenté par M. Fouqué; Hommage de l'Auteur.)

Lecture upon Locke's School of Money, 1695, by J.-H. NORMAN, s. l. n. d. (Londres, 1900.); 24 feuillets in-f°.

La trisezione dell' angolo rettilineo in genere, gran problema novellamente risoluto, dal prof. GIUSEPPE Mª DELFINO. Roma, 1898. 1 fasc. in-8°.

Archives des Sciences biologiques publiées par l'Institut impérial de Médecine expérimentale à Saint-Pétersbourg; t. VIII, n° 1. Saint-Pétersbourg, 1900; 1 fasc. in-4°.

Sewcenko-Gesellschaft der Wissenschaften in Lemberg, Galicie (Autriche). *Mémoires*. 1897-99; 4 vol. et 8 fasc. in-8°.

The quarterly Journal of the Geological Society; Vol. LVI, part 2, May 1900, n° 222. London, Longmans, Green and C°; 1 vol. in-8°.

Bulletin of the United States Geological Survey; n°s 150-162. Washington, 1898-1899; 11 vol. et 2 fasc. in-8°.

ERRATA.

(Séance du 5 juin 1900.)

Note de M. *M. Hamy*, Éclipse totale de Soleil, etc. :

Page 1516, ligne 11, *au lieu de* observée à Hellin (Espagne), *lisez* observée à Elche (Espagne).

COMPTES RENDUS

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 18 JUIN 1900,

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE LÉVY.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

Sur le monument érigé à Lavoisier. Communication de M. BERTHELOT.

« J'ai l'honneur de rendre compte à l'Académie de l'état actuel des travaux relatifs à l'érection du monument Lavoisier, érigé au moyen d'une souscription internationale entreprise sous les auspices de l'Académie.

» Je rappellerai d'abord que les listes et documents relatifs à cette souscription, entreprise en 1894, ont été publiés dans les *Comptes rendus* aux dates suivantes :

» Dans le Numéro du 10 août 1896, liste comprenant une somme de 47 533fr, 30.

» Les nouveaux envois faits jusqu'au 27 novembre 1899, et signalés dans le Numéro dudit jour, ont porté cette somme à 93 533fr.

» Depuis, le Comité a reçu :

	fr
De la part des chimistes américains, par l'intermédiaire de M. Hinrichs (*Comptes rendus*, 11 décembre 1899), une nouvelle somme de.........	107,10
De la famille Gerhardt	100,00
Intérêts au 1er janvier 1900..................................	343,30
Envoi de M. Menschutkine, de la part des chimistes russes.............	5469,40
Total........................	6019,80

» Cette somme ajoutée à la précédente porte le chiffre de la souscription versée à la Caisse des Dépôts et Consignations à 99572fr,80.

» Sur cette somme 40085fr,50 ont été déjà payés en premières avances pour les frais de construction du monument.

» Le monument est aujourd'hui terminé. Il est digne de l'Académie et du sculpteur Barrias, qui en est l'auteur. Il consiste en une statue de bronze, dont le piédestal porte sur deux de ses faces des bas-reliefs représentant, d'après des documents authentiques :

» L'un : Lavoisier travaillant dans son Laboratoire avec Mme Lavoisier qui écrit sous sa dictée;

» L'autre : Lavoisier exposant ses découvertes devant l'Académie des Sciences.

» Le monument a été érigé sur la place de la Madeleine, dans l'axe de la rue Tronchet, sur un terrain concédé par le Conseil municipal de Paris. Il sera inauguré le 27 juillet 1900, sous la présidence du Ministre de l'Instruction publique, sous la direction du Comité de souscription et des Secrétaires perpétuels de l'Académie. »

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Problème du refroidissement de la croûte terrestre, traité au même point de vue que l'a fait Fourier, mais par une méthode d'intégration beaucoup plus simple.* Note de M. **J. Boussinesq.**

« I. La méthode de ma dernière Note [1] nous a conduits très rapidement à exprimer [formule (6)], au moyen de la fonction assez usuelle $\int_\omega^\infty e^{-\omega^2}\,d\omega$, les températures u d'un corps de grande étendue en longueur,

[1] Voir le précédent *Compte rendu*, p. 1579.

largeur et profondeur, limité par une surface plane, et qui, après avoir été porté à une température uniforme donnée u_0, se refroidit, depuis l'époque $t = 0$, par le rayonnement de cette surface vers l'espace extérieur supposé à zéro. Sous la surface même, ou pour $x = 0$, cette température est simplement

$$(7) \qquad u = \frac{2u_0}{\sqrt{\pi}} e^{a^2h^2t} \int_{ah\sqrt{t}}^{\infty} e^{-\omega^2} d\omega.$$

» Si le refroidissement s'y trouve assez avancé pour que u ne soit plus qu'une faible partie de u_0, la différentielle $e^{-\omega^2} d\omega$, écrite $\frac{1}{2\omega} d(-e^{-\omega^2})$, aura, dans le champ compris de $\omega = ah\sqrt{t}$ à $\omega = \infty$, la presque totalité de ses valeurs voisine de la limite inférieure, ou évaluable sans que l'on ait à y faire varier dans un rapport sensible le facteur inverse de ω, à cause de l'excessive rapidité relative avec laquelle l'autre facteur, $-e^{-\omega^2}$, s'y approchera de sa limite zéro; et il viendra à fort peu près

$$(8) \qquad (\text{pour } t \text{ très grand}) \quad u = \frac{u_0}{\sqrt{\pi}} \frac{e^{a^2h^2t}}{ah\sqrt{t}} (-e^{-\omega^2})_{ah\sqrt{t}}^{\infty} = \frac{u_0}{ah\sqrt{\pi t}}.$$

» Or, ces deux formules (7) et (8) sont précisément celles qu'a obtenues Fourier (¹) pour exprimer (abstraction faite de l'action solaire) les températures successives de la surface terrestre, et desquelles il a déduit sa théorie du refroidissement de notre globe.

» Voici comment on pourrait, ce me semble, résumer cette théorie célèbre :

» II. A la surface de la croûte solide du globe, croûte comprenant l'ensemble des couches étudiées par les géologues, la température extérieure u_e est, en chaque point, la somme de ce qu'elle y serait sans le rayonnement solaire et de la partie qu'y ajoute ce rayonnement.

» Cette dernière partie peut être regardée, durant de longs espaces de temps, comme comprenant, sur chaque point du sol, un terme constant, ou indépendant de t, et plusieurs termes périodiques à valeur moyenne nulle, dont les deux plus sensibles ont pour périodes respectives le jour et

---

(¹) Mais par des calculs beaucoup plus longs (*Œuvres de Fourier*, t. II, p. 175 à 177) et qui lui ont même, quelques années plus tard, paru nécessiter des rectifications (même Tome, p. 117).

l'année. Aux termes périodique corrsespondent, dans l'intérieur, des inégalités, à valeur moyenne nulle également, que l'on évalue en les décomposant, vu la série de Fourier, en termes où le temps t entre par des sinus et cosinus d'arcs qui lui sont proportionnels : il suffit de remarquer ici que, même sous les climats à variation annuelle très accentuée, ces termes deviennent à peu près insensibles aux profondeurs excédant une dizaine de mètres. De même, au terme *constant*, supposé donné sur chaque point de la surface, correspond, dans l'intérieur du globe, un état *permanent*, où toutes les valeurs de u sont comprises entre la plus petite et la plus grande valeur de ce terme de u_e. D'ailleurs, abstraction faite des irrégularités locales (géométriques ou physiques) de la surface terrestre, la fonction u, indépendante de t, dont il s'agit, variera graduellement du centre du globe aux diverses parties de sa surface, savoir, aussi graduellement que le feront sur celle-ci, de l'équateur aux pôles, les climats moyens eux-mêmes, dus à la partie constante de l'action solaire.

» Cela posé, imaginons que l'on retranche de la température effective à l'époque t, tant au dehors qu'en chaque point de l'intérieur, les termes ou périodiques ou indépendant du temps, dont il vient d'être parlé comme dus à l'action solaire. L'excédent, que j'appellerai simplement u à l'intérieur, exprimera évidemment, vu la forme linéaire admise des équations régissant la propagation de la chaleur, la température telle qu'elle se comporterait d'après l'état initial du globe, ou encore à raison des sources de chaleur qu'il peut contenir, mais en présence d'un soleil éteint, c'est-à-dire dans le cas où les températures extérieures u_e seraient dues uniquement aux rayons stellaires se croisant dans les espaces célestes ou à la chaleur propre de ces espaces, s'ils en ont une.

» III. Aux profondeurs qui excèdent une ou deux dizaines de mètres, là où les inégalités périodiques ne pénètrent plus sensiblement, le terme ainsi retranché aux températures effectives, et traduisant l'effet, supposé *permanent*, de l'action solaire, aura la même valeur sur des étendues de plusieurs kilomètres. Si donc la température effective varie très notablement avec la profondeur dans des étendues de cet ordre, ces variations affecteront intégralement les excédents u, qui expriment l'influence des circonstances initiales ou des sources calorifiques intérieures. Or, c'est ce qui a lieu. Au-dessous de la couche superficielle affectée par les inégalités des saisons, la température, tout en y devenant beaucoup moins vite variable qu'au-dessus avec la profondeur, est cependant croissante avec celle-ci,

comme on le sait, d'une quantité dépendant du terrain et de la localité, mais peu différente, en général, d'un degré centigrade par 30 mètres.

» Les couches profondes du globe sont donc, en tout pays, plus chaudes que les couches moins profondes et même que les couches superficielles (considérées du moins dans leur température annuelle moyenne); et le globe perd ainsi de la chaleur par toute sa surface.

» Si l'on fait abstraction des inégalités périodiques, sensibles seulement jusqu'à quelques mètres de profondeur, ce phénomène d'émission calorifique à travers la croûte terrestre est même, comme on peut en juger dès à présent, incomparablement plus considérable que le phénomène simultané (censé dès lors permanent) de l'absorption des radiations solaires par la région équatoriale du globe, avec perte équivalente par les pôles. Car les chutes de température, en allant du noyau vers la surface, qui le mesurent proportionnellement, sont beaucoup plus rapides que celles (d'une trentaine de degrés peut-être entre l'équateur et les pôles ou le long des deux rayons équatorial et polaire réunis) auxquelles donne lieu l'inégalité de l'action solaire sur les divers points de la surface.

» IV. Il est naturel d'admettre que, la radiation solaire étant ainsi supprimée, la température extérieure u_e serait sensiblement ou moyennement la même aux pôles qu'à l'équateur. On doit du moins, ne serait-ce que pour rendre la question accessible, supposer cette température u_e pareille sur toute la surface de la croûte terrestre, et admettre aussi qu'elle se conserve constante dans d'immenses espaces, sillonnés par notre système planétaire, ainsi que durant des temps embrassant au moins la totalité des temps historiques. On adoptera comme zéro cette température u_e des espaces intra-stellaires que parcourt notre globe. Dès lors, faisant encore abstraction des inégalités superficielles, tant géométriques que physiques, de la croûte terrestre, sur l'étendue de quelques myriamètres en longueur et largeur que l'on aura à considérer, ainsi que des irrégularités de sa contexture interne, l'on aura évidemment, comme expression de son rayonnement vers l'espace à zéro degré et comme équation indéfinie de sa température, les mêmes relations

$$\frac{du}{dx} - hu = 0 \;\; (\text{pour } x = 0) \qquad \text{et} \qquad \frac{du}{dt} = a^2 \frac{d^2 u}{dx^2},$$

que dans notre mur, à la condition d'adopter une abscisse x normale à la surface et croissante vers l'intérieur.

» Fourier admet, de plus, que la chaleur émise sans cesse par le globe provient non de sources intérieures, d'actions chimiques actuellement en jeu dans son noyau (sinon même dans la croûte), mais d'un échauffement primitif de toute sa masse.

» Celle-ci aurait, à une certaine époque, été portée à la température très élevée u_0 existant encore, à très peu près et en raison de la médiocre conductibilité des roches, aux profondeurs de quelques myriamètres, c'est-à-dire dans les parties inférieures de la croûte même, dont l'épaisseur totale est très faible par rapport au rayon du noyau sous-jacent inconnu, et dont, par suite, la courbure est insignifiante sur les étendues de quelques myriamètres (en longueur et largeur) que nous considérons.

» A partir d'un certain moment, choisi comme origine des temps t, les couches supérieures ou moins profondes auraient commencé à se refroidir au-dessous de cette température u_0, par le fait du rayonnement superficiel; et la croûte terrestre serait ainsi, dans son graduel refroidissement, très sensiblement assimilable à notre mur d'épaisseur indéfinie, pourvu d'une face plane rayonnante vers un milieu à la température zéro.

» V. On voit comment Fourier peut évaluer, dans ces hypothèses, le progrès du refroidissement de la croûte terrestre. Prenant comme terme de comparaison le fer poli, pour lequel ses expériences lui avaient donné $\frac{1}{h} = 7,5$ (avec le mètre pour unité de longueur), il a admis, comme résultat d'une discussion dont il n'expose pas les détails, une valeur de h neuf fois plus forte en moyenne chez les roches; ce qui lui donne, pour la croûte terrestre, $\frac{1}{h} = \frac{7,5}{9} = \frac{5}{6}$; et comme la dérivée $\frac{du}{dx}$ près de la surface (à raison de 1° C. par 30^{m}) est $\frac{1}{30}$, il en déduit, pour l'excédent actuel $u = \frac{1}{h}\frac{du}{dx}$, la valeur approximative

$$u = \frac{5}{6}\,\frac{1}{30} = \frac{1}{36} \text{ de degré centigrade seulement.}$$

» Fourier conclut de là que le refroidissement est très avancé près de la surface et qu'on peut sans crainte y appliquer la formule asymptotique (8). Or celle-ci fait décroître avec une extrême lenteur la température superficielle u et, par suite, la vitesse d'accroissement $\frac{du}{dx} = hu$ de la température interne sous le sol.

» La croûte terrestre offrirait donc dans la suite de ses températures, pour expliquer la possibilité de la longue évolution des espèces organiques à sa surface, une stabilité et, pour ainsi dire, une permanence, analogues à celles de ses conditions astronomiques de rotation autour de l'axe terrestre et de transport autour du Soleil, modifiées de même soit par d'assez petites inégalités périodiques, soit par de plus larges mais très lentes variations séculaires.

» Pour réduire, par exemple, d'une petite quantité $-\Delta u$ l'excédent actuel u, il faudra, vu la proportionnalité inverse de u à la racine carrée du temps, donner à t un accroissement, Δt, tel, qu'on ait

$$u^2 t = (u + \Delta u)^2 (t + \Delta t),$$

c'est-à-dire, sensiblement,

$$-\Delta u = \frac{hu}{2ht}\Delta t = \frac{\frac{du}{dx}}{2h}\frac{\Delta t}{t} = (\text{actuellement})\ \frac{1}{30}\frac{5}{12}\frac{\Delta t}{t} = \frac{1}{72}\frac{\Delta t}{t}.$$

» Même dans l'hypothèse que t se réduisît à soixante siècles et que, par conséquent, le début du refroidissement eût coïncidé à peu près avec celui des temps historiques, le refroidissement séculaire actuel de la surface, c'est-à-dire la diminution de u durant un siècle, serait donc seulement $\frac{1}{72.60} = \frac{1}{4320}$ ou la 4320[e] partie d'un degré centigrade, quantité absolument inappréciable.

» Si l'on pouvait connaître la température u_0 de début, la durée t écoulée depuis l'origine du refroidissement serait, d'après (8),

$$t = \frac{1}{\pi}\frac{u_0^2}{a^2(hu)^2} = \frac{1}{\pi}\frac{u_0^2}{a^2\left(\frac{du}{dx}\right)^2}.$$

» Fourier donne $\frac{1}{a^2} = 1033$ pour le fer (les unités de temps et de longueur étant la minute et le mètre) et huit fois plus pour les matières communes de l'enveloppe terrestre. Il en résulte pour t, évalué en siècles, si l'on substitue d'ailleurs à $\frac{du}{dx}$ la valeur actuelle moyenne $\frac{1}{30}$, l'expression

$$t = \frac{1033.8.900}{\pi.60.24.(365,25).100}u_0^2 = (0,045)u_0^2.$$

» En prenant, par exemple, une température initiale de 1000°, il en résulterait $t = 45000$ siècles ou de 4 à 5 millions d'années. »

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Observations actinométriques pendant l'éclipse du 28 mai 1900.* Note de M. **J. Violle.**

« L'éclipse du 28 mai était une occasion précieuse d'observations touchant la chaleur que nous recevons du Soleil.

» J'avais organisé deux séries d'observations, l'une par actinomètre enregistreur attaché à un ballon-sonde, l'autre par instrument à lecture directe installé au Pic du Midi.

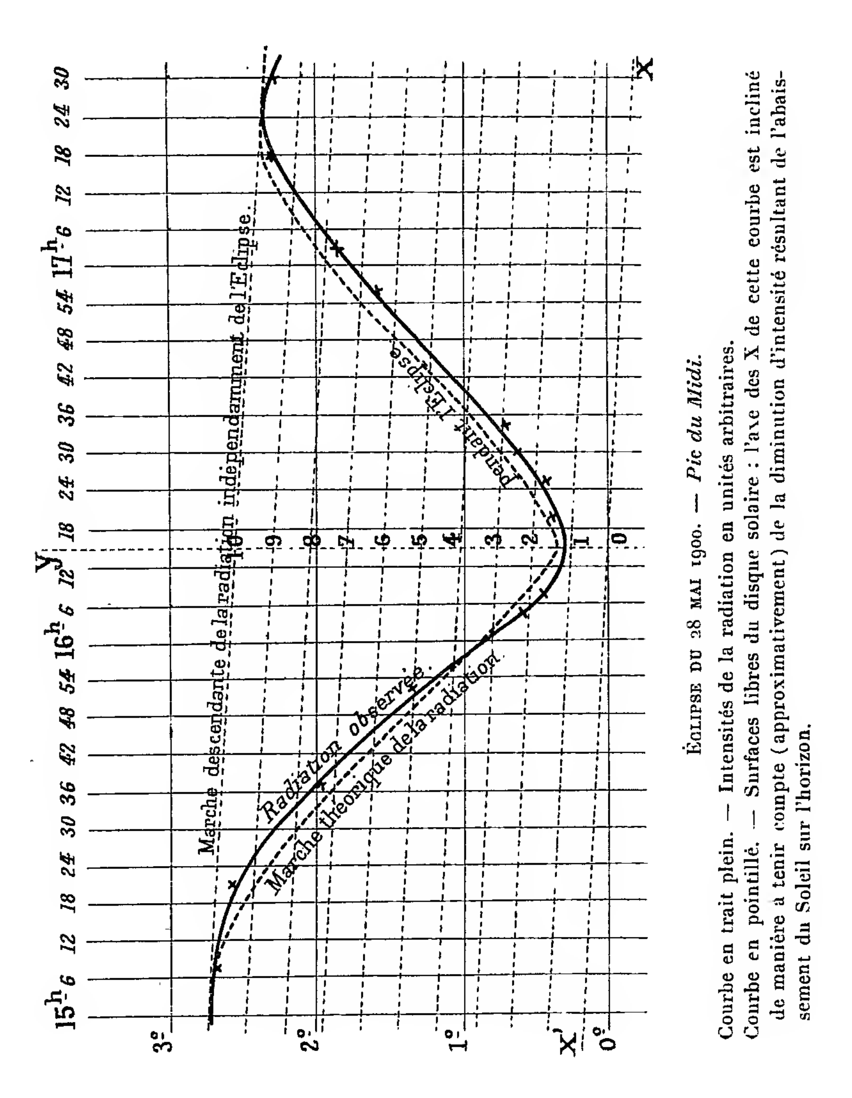
» M. Marchand avait bien voulu accepter la tâche de régler celles-ci. Son assistant, M. Ginet, a suivi toute la journée au Pic du Midi (altitude 2860^m) l'actinomètre (combinaison des actinomètres Violle et Crova) dont il se sert habituellement. La boule du thermomètre avait été noircie avec le plus grand soin. Cependant, le maximum (2°,78) observé dans la journée du 28 mai se montra relativement faible, ce qui indique une absorption assez forte dans les hautes régions; au Pic même, l'humidité était seulement de 15 pour 100. On observa d'ailleurs dans l'après-midi des cirrus très légers qui gagnèrent le Soleil à partir du milieu de l'éclipse.

» M. Marchand a construit la courbe des intensités observées par M. Ginet et, en regard, celle des surfaces libres du Soleil pendant l'éclipse.

» En prenant l'ordonnée correspondant à la surface 1 (disque entier) égale à celle qui représente l'intensité de la radiation (2°, 47) qu'on aurait observée sans l'éclipse vers $16^h 15^m$, et inclinant l'axe des x de la courbe afin qu'elle rejoigne à ses deux extrémités celle des intensités, de façon à tenir compte, approximativement, de la variation résultant du changement de hauteur du Soleil, on a la marche théorique de l'intensité pour le cas où la variation de la surface radiante (supposée équivalente à un disque homogène) et le changement de hauteur de l'astre interviendraient seuls.

» La courbe des intensités observées se rapproche beaucoup de cette courbe théorique. Sans doute, elle accuse un certain retard instrumental. Mais elle indique aussi nettement une absorption de chaleur par les atmosphères du Soleil. En effet, tant que le bord seul du Soleil est éclipsé, la courbe réelle est au-dessus de la courbe théorique; elle passe, au contraire, au-dessous quand la région centrale du disque est cachée. Si l'on

n'observe pas à la remontée le retour de la courbe réelle au-dessus de la courbe théorique, cela tient en majeure partie aux cirrus qui ont voilé le Soleil à partir de $16^h 15^m$.



Éclipse du 28 mai 1900. — *Pic du Midi.*

Courbe en trait plein. — Intensités de la radiation en unités arbitraires.
Courbe en pointillé. — Surfaces libres du disque solaire : l'axe des X de cette courbe est incliné de manière à tenir compte (approximativement) de la diminution d'intensité résultant de l'abaissement du Soleil sur l'horizon.

» L'intensité de la radiation n'a pas été observée au moment même du minimum; mais la courbe montre qu'elle a dû être très voisine de 0°, 30. Le rapport $\frac{0,30}{2,47} = 0,12$, dans lequel la radiation se trouvait alors réduite,

est sensiblement inférieur au rapport 0,14 dans lequel la surface radiante était elle-même réduite.

» La différence des deux rapports s'est montrée plus nettement tranchée, bien que l'éclipse fût moins complète, dans l'expérience faite avec le ballon-sonde que M. Teisserenc de Bort avait eu l'obligeance de faire partir de Trappes, le même jour dans l'après-midi, et qui a permis de mieux éliminer les perturbations provenant de notre atmosphère.

» L'appareil emporté par le ballon était un baro-thermo-actinomètre enregistreur, très léger, construit spécialement pour ces sondages, et qui donne, sur un même cylindre enfumé, les tracés simultanés du baromètre, du thermomètre et de l'actinomètre.

» Je rappellerai que j'emploie comme actinomètre [1] une boule en cuivre rouge soigneusement noircie et contenant un thermomètre très heureusement combiné par M. Richard : une spirale en cuivre mince, remplie de toluène, est fixée par une extrémité; par l'autre, elle agit sur une longue tige verticale logée elle-même dans l'axe d'un long tube en aluminium portant la boule. Suivant que la spirale s'ouvre ou se ferme, la tige axiale tourne dans un sens ou dans l'autre et fait monter ou descendre le style inscripteur. Ce système est à la fois léger et robuste; et il supporte bien le froid des hautes régions. On remarquera, d'ailleurs, que la boule thermométrique isolée, rayonnant, d'une part, dans une atmosphère raréfiée et (relativement) immobile à température bien définie, recevant, d'autre part, les rayons solaires successivement par les divers points de sa surface, est dans d'excellentes conditions pour les mesures actinométriques. Un écran cylindrique à double paroi vient à époques déterminées mettre la boule à l'ombre pour laisser le refroidissement agir seul; puis il s'abaisse, les rayons du Soleil frappent de nouveau la boule; et l'on trouve inscrites sur la feuille de l'enregistreur toutes les données du problème.

» Parti de l'observatoire de Trappes à 14^h49^m, le ballon s'éleva rapidement et, après avoir traversé deux couches de cirrus marquées par deux paliers de la courbe thermométrique, il atteignit 10500 mètres à 15^h42^m, puis il commença à descendre. Le thermomètre marquait alors $-55°$ et se maintenait à cette température de 15^h49^m à 16^h3^m. De même l'actinomètre restait sensiblement stationnaire à $-37°$, de 15^h55^m à 16^h3^m. Le

---

(1) VIOLLE, *Comptes rendus*, t. CXXV, p. 627, 1897; et *Rapport du Comité météorologique international, Réunion de Saint-Pétersbourg*, p. 51, 1899.

mouvement d'horlogerie s'arrêtait alors momentanément; puis la descente s'accélérant, l'appareil, réchauffé, se remettait en marche; et le ballon atterrissait vers 17^h aux Arabies, commune de Piffonds, près de Villeneuve-sur-Yonne.

» Comparant les résultats de cette ascension à ceux qu'avait fournis, il y a près d'un an, une autre ascension, également effectuée de Trappes, nous trouvons que la même boule actinométrique avait alors marqué $+10^\circ$ pour une même température de l'atmosphère égale à -55°, l'altitude atteinte étant presque 13000 mètres.

» Pour une même température de l'enceinte, $T_0 = 218^\circ$, les températures de la boule actinométrique furent donc respectivement, dans les deux ascensions : $T_1 = 283^\circ$ et $T_2 = 235^\circ$.

» Si nous pouvons admettre que, suivant la loi de Stefan, les quantités de chaleur perdues furent respectivement $m(T_1^4 - T_0^4)$ et $m(T_2^4 - T_0^4)$, m étant le même dans les deux cas, le rapport de ces quantités sera

$$\frac{T_2^4 - T_0^4}{T_1^4 - T_0^4} = 0,20.$$

» Tel sera par conséquent aussi le rapport des quantités de chaleur reçues dans les deux expériences, ou encore, toutes les autres conditions étant sensiblement les mêmes de part et d'autre, le rapport de la quantité de chaleur effectivement reçue pendant l'éclipse, un peu avant son maximum, à la quantité de chaleur qui aurait été reçue au même instant s'il n'y avait pas eu d'éclipse, ou enfin le rapport dans lequel l'éclipse avait réduit l'énergie totale de la radiation, s'il est vrai que la chaleur absorbée par une surface noircie mesure l'énergie totale du rayonnement reçu par cette surface.

» D'autre part, la surface radiante était réduite aux 0,25 du disque solaire.

» L'influence de l'absorption par les atmosphères du Soleil apparaît donc très nettement, malgré le rayonnement propre de ces atmosphères, des protubérances, de la couronne....

» En même temps s'affirme l'avantage des aérostats pour les études actinométriques. »

CHIMIE. — *Sur la formation de l'acide azotique dans la combustion de l'hydrogène;* par M. **Berthelot**.

« La combustion de l'hydrogène s'opère dans des conditions bien différentes de celles du carbone et du soufre, ces derniers éléments étant solides, et dès lors, brûlant surtout à leur surface, laquelle n'offre à l'oxygène qu'un contact limité; tandis que l'hydrogène gazeux se mélange avec l'oxygène gazeux, à masse comparable, au moment de la combustion. Dès lors la combustion de l'hydrogène peut être effectuée de deux manières: soit en enflammant un jet d'hydrogène lancé dans une atmosphère d'oxygène, la combustion ayant lieu d'une façon progressive et à pression constante; soit en mélangeant à l'avance les deux gaz, et en faisant détoner le mélange en vase clos à l'aide d'une étincelle électrique, la combustion ayant lieu d'une façon subite et à volume constant. Ce sont là des circonstances tout à fait distinctes au point de vue mécanique.

» *Conditions des expériences.* — J'ai opéré tant avec de l'oxygène presque pur contenant une faible dose d'azote, telle que 7,3 centièmes, qu'avec l'air atmosphérique, qui renferme seulement 20,8 centièmes d'oxygène, et avec divers mélanges d'oxygène et d'azote.

» Commençons par les expériences opérées sur un mélange fait à l'avance et à volume constant. Elles ont eu lieu dans la bombe calorimétrique, à une température initiale voisine de 20°; on a fait varier les proportions relatives d'oxygène et d'hydrogène, les pressions initiales variant également depuis la pression atmosphérique jusqu'à une pression totale de 30 atmosphères.

» La pression développée au moment de l'explosion peut être évaluée d'après les mesures que nous avons effectuées, M. Vieille et moi, sur les mélanges tonnants. En opérant, comme je l'ai fait, avec le mélange $H^2 + O$, par exemple, comprimé à 30 atmosphères, la pression explosive est voisine de 300 atmosphères. Toutefois, je n'ai pas cru devoir multiplier les expériences vers cette condensation, redoutant l'explosion de l'engin, parce que la pression devient trop voisine des limites de résistance de la bombe; mais j'en ai exécuté un certain nombre à des pressions initiales voisines de 20 atmosphères et au-dessous, soit en tout une quarantaine de déterminations. La capacité de la bombe était de 310^{cc}.

» On opère en remplissant d'abord la bombe avec l'hydrogène, par exemple, après y avoir fait le vide et y avoir placé 10^{cc} d'eau. On purge par un second vide, puis on remplit sous une pression déterminée, en comprimant, s'il y a lieu, avec une pompe compressive. On introduit alors l'oxygène extrait des tubes ordinaires du commerce, qui le contiennent sous une pression de 120 atmosphères, en le faisant passer dans la bombe jusqu'à la pression désirée.

» Les fortes pressions étaient mesurées avec un manomètre métallique, ce qui ne présente pas une très grande précision; les faibles pressions plus exactement, avec un manomètre à air comprimé, susceptible d'indiquer jusqu'à 10 atmosphères.

» La bombe était immergée sous l'eau, toutes les fois qu'il y avait à craindre une élévation notable de température.

» Dans ces conditions, il se forme de l'acide azotique mélangé d'une certaine dose d'acide azoteux; le produit initial étant sans doute du bioxyde d'azote, transformable pendant le refroidissement en peroxyde d'azote, lequel ne subsiste pas, en raison de la présence de l'excès de vapeur d'eau formée par la combustion. Je n'ai pas observé d'ozone, corps incompatible d'ailleurs avec l'acide azoteux; il n'y a pas non plus d'ammoniaque, si ce n'est à l'état de traces, souvent non appréciables.

» Après l'explosion on laisse refroidir; on mesure la pression finale, on recueille les gaz subsistants, afin d'y contrôler l'excès d'hydrogène ou d'oxygène. Au bout d'un repos suffisant pour que l'absorption du peroxyde d'azote par l'eau ait eu lieu complètement, on ouvre la bombe, on recueille l'eau qu'elle renferme. On en détermine le titre acide, mais à titre de contrôle seulement. En effet, lorsqu'on opère sous des pressions notables, la feuille de mica destinée à protéger le conducteur d'électricité est pulvérisée et volatilisée; le fil de platine l'est également au point d'inflammation, et les titrages alcalimétriques deviennent alors impraticables. Dans tous les cas le dosage véritable doit donc être effectué après avoir rendu la liqueur alcaline et l'avoir ramenée à un petit volume; puis la dissolution d'azotate est soumise, dans un appareil bien connu et complètement purgé d'air, à l'action d'un mélange bouillant de sulfate ferreux et d'acide sulfurique étendu : on recueille le bioxyde d'azote ainsi produit sur le mercure et on le dose directement en volume, en l'absorbant par le sulfate ferreux; absorption finale indispensable pour des essais rigoureux.

» J'ai d'abord opéré avec l'hydrogène et l'oxygène, mélangés autant que

possible dans les rapports atomiques, $H^2 + O$. Mais ce mode d'opérer fournit des résultats incertains, l'acide azotique étant d'ordinaire nul ou en très petite quantité, et très influencé par le moindre excès relatif de l'un ou de l'autre des deux gaz principaux, ainsi qu'il va être dit. J'ai dû opérer de préférence, tantôt avec un excès notable d'hydrogène, tantôt avec un excès notable d'oxygène. J'ai fait varier, pour un mélange de même composition, les pressions; j'ai fait varier aussi les doses relatives d'azote.

» Voici les résultats [1] :

I. — HYDROGÈNE ET OXYGÈNE A VOLUMES ÉQUIVALENTS : *Volume constant.*

(1) et (2) H : 2 vol., O : 1 vol.

» Les deux gaz sont pris sous la pression atmosphérique et leur ensemble ramené à une pression finale de 3 atmosphères.

» Après détonation, l'eau n'est ni acide, ni alcaline; acide azotique et ammoniaque nuls.

II. — HYDROGÈNE EN EXCÈS : *Volume constant.*

(4) H : comprimé à $6^{atm},8$,
O : volume égal, comprimé seulement à $3^{atm},2$;

soit en tout : $9^{atm},2$.

» Platine volatilisé. Eau neutre. Les dosages spéciaux n'ont indiqué ni AzH^3, ni AzO^3H.

(5) H : comprimé à $5^{atm},2$, O : volume égal, comprimé à 2^{atm};

soit en tout : $7^{atm},2$.

» Les gaz extraits de la bombe renferment H = 90 centièmes (Az = 10). Ni AzH^3, ni AzO^3H.

(3) H : 2 vol. sous la pression atmosphérique,
$O < 1$ vol. Le tout comprimé dans la bombe,
Pression finale après combustion : $0^m,19$.

» Ni AzH^3, ni AzO^3H. Gaz de la bombe : H = 82 centièmes.

» On voit, par ces résultats, qu'il n'y a pas partage, c'est-à-dire équi-

(1) Les chiffres entre parenthèses sont les numéros d'ordre des expériences.

libre entre l'hydrogène et l'azote opposés, vis-à-vis de l'oxygène auquel ils sont aptes à se combiner.

III. — Oxygène en excès : *Volume constant. Rapports constants entre les volumes des gaz.*

» J'ai alors procédé avec un excès d'oxygène, condition indispensable pour former de l'acide azotique. Il en est ainsi parce que l'excès d'hydrogène réduit les oxydes de l'azote.

» Je donnerai d'abord les expériences faites en mélangeant les deux gaz à volumes égaux, mais sous des pressions différentes, de façon à déterminer l'influence de la pression ; la dose relative d'azote demeurant constante.

» Dans aucune expérience on n'a trouvé un poids d'ammoniaque bien appréciable.

» (7) (8) (9) H : 1^{atm}. — O : 1^{atm}, c'est-à-dire atomes égaux; pression totale dans la bombe : 2^{atm}.

» Pression finale après combustion, environ $\frac{1}{2}$ atmosphère (vérifiée).

» L'excès d'oxygène a été vérifié.

» (7) a été perdu.

		Pour 1^{gr} d'hydrogène brûlé.	
	AzO^3H.	AzO^3H.	Az.
	gr	gr	gr
(8)	0,006	0,23	0,05
(9)	0,0078	0,31	0,07
	0,007	0,27	0,06

» Le poids de l'acide azotique formé est voisin du quart de celui de l'hydrogène brûlé.

» Les rapports atomiques sont :

$$116\,H^2O : AzO^3H ; \text{ c'est-à-dire } 332\ H : Az.$$

» Le rapport entre l'*oxygène uni à l'hydrogène* et l'*oxygène uni à l'azote* est 46 : 1.

» Le rendement [1] par rapport à l'azote initial total (0^{gr},026) est 5,1

[1] Le rendement dans les expériences faites avec un mélange gazeux homogène est évidemment le rapport de l'azote oxydé à l'azote total; tandis que dans les expé-

centièmes ou $\frac{1}{20}$; c'est-à-dire fort supérieur à celui qui a été observé sous la même pression initiale de l'oxygène dans la combustion du carbone, soit $\frac{1}{1000}$ (ce Volume, p. 1351) ou dans celle du soufre, soit $\frac{1}{800}$ (ce Volume, p. 1403).

(26) H: 2^{atm}, c'est-à-dire atomes égaux; O : 2^{atm}; Pression totale : 4^{atm}.

	Pour 1gr de H.	
AzO^3H.	AzO^3H.	Az.
$0^{gr},0169$	$0^{gr},32$	0,07

» Le *poids de l'acide* est le tiers du poids de l'hydrogène brûlé.

» Rendement : 7 centièmes ou $\frac{1}{14}$ de l'azote initial oxydé ([1]).

(25) H : $5^{atm},2$; O : $5^{atm},3$; Pression totale : $10^{atm},5$.

	Pour 1gr d'hydrogène.	
AzO^3H.	AzO^3H.	Az.
$0^{gr},0482$	$0^{gr},36$	0,08

» Le *poids relatif* de l'acide azotique et celui de l'azote fixé se sont accrus.

» Rendement : 8 centièmes ou $\frac{1}{12}$ de l'azote initial oxydé.

(24) H : 10^{atm}, O : 10^{atm}; Pression totale : 20^{atm}.

		Pour 1gr d'hydrogène.	
AzO^3H.	Az.	AzO^3H.	Az.
$0^{gr},1167$	0,026	$0^{gr},45$	0,10

» Le *poids relatif de l'acide* azotique s'élève aux 45 centièmes de celui de l'hydrogène.

» *Rapport atomique :* $70H^2O : AzO^3H$ ou $140H$: Az.

» *Rapport entre l'oxygène fixé sur l'hydrogène et sur l'azote,* 28 : 1.

» *Rendement :* 11,5 centièmes ou $\frac{1}{9}$ de l'azote initial oxydé.

» D'après ces expériences, la proportion d'acide azotique formé par la

---

riences sur la combustion des corps solides, soufre, carbone, j'ai ainsi désigné le rapport entre l'azote contenu dans l'oxygène *utilisé* dans la combustion et l'azote brûlé. Il est clair que dans les expériences sur le carbone et le soufre, cette circonstance tendrait à diminuer le rendement rapporté à l'azote initial total.

([1]) Le rendement rapporté seulement à l'azote contenu dans l'oxygène utilisé, comme pour le carbone, serait quatre fois plus grand.

combustion d'un même poids d'hydrogène s'est accrue régulièrement avec la condensation du système initial, et elle a presque *doublé*, lorsque l'on est passé de la pression 1 à la pression 10.

» Ce résultat est d'autant plus remarquable que *la chaleur développée dans cette série d'expériences est sensiblement la même,* pour un même poids d'hydrogène brûlé; par conséquent, les différences de température doivent être peu marquées.

» Je rappellerai, en effet, que nous avons d'ailleurs établi, par des expériences exécutées avec M. Vieille sur la combustion des mélanges gazeux, que :

» Une même quantité de chaleur étant fournie à un système gazeux, la pression du système varie proportionnellement à sa densité », et que « la chaleur spécifique d'un même système gazeux, à une température définie seulement par la quantité de chaleur dégagée, est sensiblement indépendante de la densité du système »; et cela jusque vers 3000° à 4000° du thermomètre à air ([1]).

» Dès lors, on voit que la formation de l'acide azotique dans la combustion de l'hydrogène n'est pas subordonnée d'une façon directe à la chaleur dégagée : je montrerai tout à l'heure qu'elle ne varie pas d'une manière nécessaire dans le même sens que la température développée. Cette double constatation oblige d'y faire intervenir des causes d'une autre nature, et notamment l'influence de l'électricité; c'est ce que j'avais déjà indiqué dans l'étude de cette même formation, au cours de la combustion du carbone et de celle du soufre, mais en m'appuyant sur des données expérimentales d'un caractère tout à fait distinct des précédentes; j'y reviendrai tout à l'heure.

IV. — Chalumeau oxyhydrique : *Pression constante.*

» Au lieu d'opérer comme il vient d'être dit, on peut se servir d'un chalumeau à gaz oxyhydrique, où les deux gaz sont amenés sous forme de courant, mélangés au moment qui précède la combustion; ils brûlent à courte flamme. Celle-ci se développe au sein d'un ballon rempli d'oxygène.

» Dans deux autres essais, l'hydrogène, amené cette fois par une tubulure unique, a été enflammé vers le centre d'un ballon rempli d'oxygène,

---

([1]) *Thermochimie : Données et lois numériques,* p. 74 à 79.

avec circulation lente de ce dernier gaz, de façon à entraîner les produits. Voici les résultats observés :

Poids de l'hydrogène brûlé ([1]).	AzO^3H.	Pour 1gr d'hydrogène. AzO^3H.	Pour 1gr d'hydrogène. Az.
	gr	gr	gr
(40) 0,319	0,00028	0,0099	0,0002
(39) 0,2225 ([2])	0,0038	0,017	0,0038
(38) 0.619 ([3])	0,0437	0,071	0,016

» On remarquera d'abord que la formation de l'acide azotique a été beaucoup plus faible dans le cas où les deux gaz étaient mélangés avant la combustion. Les deux autres expériences ont fourni des résultats notablement plus forts, quoique très inégaux entre eux, en raison des conditions locales; la dernière surtout, où la vapeur nitreuse était très visible, parce qu'elle n'avait pas le temps d'être absorbée par l'eau. Elles ont différé surtout parce que le courant d'oxygène était plus rapide dans la dernière, ce qui tendait à accomplir la combustion dans un milieu non appauvri, ou moins appauvri, par les périodes antérieures de cette opération. Ces conditions sont d'ailleurs trop imparfaitement définies pour pouvoir être comparées avec rigueur aux expériences de détonation à volume constant.

» Le poids de l'azote combiné à l'oxygène a monté, dans l'expérience n° 3, à $\frac{1}{300}$ du poids de l'oxygène uni à l'hydrogène; c'est-à-dire que le poids de l'oxygène combiné à l'azote (dans l'état final de AzO^3H) était $\frac{1}{120}$ du poids de l'oxygène combiné à l'hydrogène. Ce rapport sera seulement $\frac{1}{300}$, si l'on admet la formation initiale du peroxyde d'azote.

» On voit que toutes ces doses sont assez élevées pour qu'il soit nécessaire de tenir compte du dosage de l'acide azotique dans les mesures de chaleur de combustion, soit à pression constante, soit à volume constant.

» Faisons maintenant varier les proportions relatives de l'oxygène et de l'hydrogène, sans faire varier le rapport entre l'oxygène et l'azote, et en opérant avec un mélange fait préalablement.

([1]) Ce poids a été déduit de celui de l'eau recueillie.

([2]) Flamme très petite.

([3]) Forte flamme.

V. — Oxygène en excès : *Rapport variable entre l'oxygène et l'hydrogène, le rapport de l'oxygène à l'azote demeurant constant. Volume constant. Pression de l'hydrogène constante.*

» Le rapport de volume 1 à 1 entre l'oxygène et l'hydrogène ayant été étudié ci-dessus, voici des expériences où je l'ai fait varier suivant une progression régulière, l'hydrogène étant pris sous la pression atmosphérique et le tout ramené à un même volume dans la bombe, laquelle contenait le mélange comprimé à 2, 3, 4, 5, 6, 7 atmosphères.

		Pour 1gr H.		
	AzO^3H trouvé.	AzO^3H.	Az.	Rendement de l'azote oxydé.
	gr	gr	gr	
(8) (9) H : 1 atm. — O : 1 atm.....	0,007	0,27	0,06	5,1 cent.
(33) H : 1 atm. — 2O : 2 atm.....	0,0147	0,55	0,12	6,3 »
(34) H : 1 atm. — 3O : 3 atm.....	0,0176	0,68	0,15	5,2 »
(27) H : 1 atm. — 4O : 4 atm.....	0,0043	0,017	0,002	2,0 »
(28) H : 1 atm. — 5O : 5 atm.....	0,00034	0,0013	0,0003	0,03 »
(12) (24) H : 1 atm. — 6O : 6 atm.	Nul. La combustion a eu lieu cependant.			

» D'après ces résultats, si l'on fait varier progressivement la dose d'oxygène, en accroissant la pression proportionnellement, la dose d'acide azotique s'accroît d'abord, quoique faiblement, et elle croît même un peu plus rapidement que la dose absolue d'azote dans le mélange. Le rendement, c'est-à-dire le rapport de l'azote initial à l'azote oxydé, va aussi croissant au début. Mais cette formation passe par un maximum, puis elle diminue rapidement. Elle devient presque nulle, lorsque le nombre d'atomes de l'oxygène est quintuple de celui de l'hydrogène, pour tomber à zéro au delà de ce terme, bien que la combustion explosive du système ait encore lieu.

» Dans ces conditions, il est certain que la température développée diminue, à mesure que l'excès d'oxygène non utilisé augmente, cet oxygène inutile exigeant pour être échauffé une proportion croissante de la chaleur développée par la réaction de la fraction d'oxygène utilisée.

» L'acide azotique formé lors de la combustion d'un gramme d'hydrogène croît ainsi de plus du simple au double (de 0,27 à 0,68), quoique la température développée dans le second cas ne soit guère que la moitié de la température développée dans le premier cas; mais au delà l'acide

azotique baisse presque aussitôt. Enfin, ce qui est très digne d'intérêt, au-dessous d'un certain terme la formation de l'acide azotique cesse et ceci longtemps avant que la combustion ait cessé de se propager.

» Quoi qu'il en soit, l'accroissement de la dose d'acide avec la dose de l'oxygène, depuis un excès d'une demi-atmosphère (lequel répond au rapport de volume 1 : 1) jusqu'à un excès de $2\frac{1}{2}$ atmosphères (1 : 3), met en évidence l'influence physique, ou chimique, de cet excès d'oxygène sur la formation de l'acide, indépendamment de la température. Le fait même du maximum observé vers 2 atomes d'oxygène la manifeste encore davantage, comme je viens de le dire. Mais cette influence est combattue par une action inverse, où concourent l'abaissement de température et la diminution de conductibilité électrique du milieu qui en résulte.

VI. — Variations simultanées du rapport entre l'oxygène et l'hydrogène; ainsi que de la pression de ce dernier gaz : *le rapport de l'oxygène à l'azote demeurant constant.*

» Les expériences suivantes conduisent à des conclusions générales analogues, quoique les conditions en soient plus complexes; elles exigeraient un examen et des épreuves plus détaillés pour être complètement analysées.

» (6). H : 20 atmosphères. — O : un peu plus de 10 atmosphères; atomes égaux; pression totale : 30 atmosphères. Au moment de l'explosion, la pression dans la bombe approche de 300 atmosphères.

	AzO^6H.	Pour 1gr d'hydrogène.		Rendement.
	gr	gr	gr	
(6) H : 20atm . — O : un peu plus de 10atm...	0,0496	0,19	0,042	17 cent.
(11) H : 5atm,2. — O : 3atm,2. Total : 8atm,4.	0,0095	0,081	0,018	2,6 »
(10) H : 4atm,7. — O : 3atm,0. Total : 7atm,7.	0,0086	0,072	0,016	2,6 »
(23) H : 4atm,9. — O : 3atm,3. Total : 8atm,2.	0,0119	0,096	0,021	3,0 »
(13) H : 9atm,8. — O : 7atm,5. Total : 17atm,3.	0,1166	0,47	0,104	15,0 »
(15) H : 10atm,5. — O : 7atm,5. Total : 18atm,2.	0,1077	0,42	0,09	13,6 »

» Ces nombres indiquent que la dose d'acide azotique, soit absolue, soit relative, croît avec la pression, toutes choses égales d'ailleurs.

» Elle paraît croître également, au moins dans une certaine mesure, avec l'excès d'oxygène; ce qui est conforme aux résultats de la série précédente, laquelle est plus décisive sous ce rapport.

VII. — Variation de la proportion relative de l'azote.

A. *Mélanges d'air et d'oxygène. Volume constant* (1).

(16) H : 4^{atm} — O : 6^{atm} (2) — Air : 6^{atm}; Pression totale : 16^{atm}.

» C'est-à-dire H : 1^{vol} — O : $1^{vol},7$ — Az : $1^{vol},3$; le tout × 4.

	Pour 1gr de H.		
Az O³ H.	Az O³ H.	Az.	Rendement de l'azote.
0gr,1110	1gr,07	0gr,24	5,2 centièmes

(17) H : 10^{atm} — O : $5^{atm},5$ — Air $2^{atm},5$; Pression totale : 18^{atm}.

» C'est-à-dire H : 1^{vol} — O : $0^{vol},56$ — Az : $2^{vol},4$; le tout : × 10.

	Pour 1gr de H.		
Az O³ H.	Az O³ H.	Az.	Rendement.
0gr,0533	0gr,205	0gr,045	1,4 centièmes

» Les effets sont complexes, la condensation du système tendant à accroître la dose de l'acide azotique dans le système (17); l'excès plus limité de l'oxygène produirait un effet analogue et même plus marqué dans le système (16).

» Le chiffre 1gr,07 d'acide azotique pour 1gr d'hydrogène est le maximum observé.

» Le maximum d'acide azotique répondant à la combustion d'un poids donné d'hydrogène a été observé dans cette expérience, et il serait sans doute possible d'aller au delà par une étude poursuivie plus loin. Quoi qu'il en soit, les poids trouvés répondent aux rapports atomiques suivants :

$$60H : Az,$$

c'est-à-dire aux produits

$$30H^2O : AzO^3H \quad \text{ou} \quad 30H^2O : AzO;$$

---

(1) Les trois gaz sont comprimés successivement dans la bombe à volume constant : l'hydrogène à 4 atmosphères; puis l'oxygène, jusqu'à ce que la pression atteigne 10 atmosphères, ce qui fait 6 atmosphères pour l'oxygène ; enfin l'air, jusqu'à ce que la pression atteigne 16 atmosphères, ce qui fait 6 atmosphères pour l'air.

(2) Renfermant 7,3 d'azote.

suivant que l'on regarde le produit initial de l'oxydation de l'azote comme du bioxyde, ou de l'acide azotique. Dans ce dernier cas, 1 atome d'oxygène se fixerait sur l'azote lorsque 24 atomes d'oxygène sout fixés sur l'hydrogène.

» La série VII montre que la dose d'acide azotique croît avec la dose d'azote, lorsque celle-ci passe de 7 à 43 centièmes dans l'oxygène. Comparons, en effet, l'expérience (16), où le rapport en volume de l'hydrogène à l'oxygène est 1:1,7, avec l'expérience (33) donnée plus haut, où ce rapport est 1:2, c'est-à-dire voisin. Or l'expérience (16) a fourni $1^{gr},07$ d'acide azotique et l'expérience (33) $0^{gr},55$; chiffre qu'une interpolation permise réduirait à 0,52 pour $1^{vol},7$ d'oxygène. A la vérité, la pression de l'hydrogène est quadruple dans l'expérience (16). Mais les expériences (8), (26) et (25) permettent de tenir compte de cette circonstance; elles montrent, en effet, qu'une variation de pression de l'hydrogène, comprise entre 1 et 5, accroît seulement d'un tiers la dose de l'acide azotique; ce qui la porterait de 0,52 à 0,65 pour le mélange dont l'oxygène contenait 7,3 d'azote. Or, la valeur 0,65 est fort inférieure à 1,06, observée avec un mélange d'oxygène et d'azote contenant 43 centièmes du dernier gaz.

» En augmentant l'azote dans l'oxygène, jusqu'à un certain point, on augmente donc l'acide azotique. Cette conclusion peut être confirmée, en comparant les résultats de l'expérience (17) avec ceux de l'expérience (6), où le rapport entre l'hydrogène et l'oxygène est presque le même; mais je supprime ce dernier calcul, pour abréger.

» En tout cas, l'accroissement de la formation d'acide azotique avec l'accroissement de l'azote coïncide nécessairement avec un certain abaissement dans la température de combustion; de même que plus haut l'accroissement du même acide observé avec un excès d'oxygène.

» Ce n'est pas tout : l'un et l'autre accroissement passent par un maximum, comme je l'ai montré plus haut pour l'oxygène et comme je vais l'établir pour l'azote.

B. *Mélanges d'hydrogène et d'air. Volume constant.*

» Pour réaliser des conditions plus simples, j'ai fait détoner les mélanges d'hydrogène avec des proportions d'air variables, depuis celles qui renferment une dose d'oxygène faiblement excédante sur les rapports équivalents.

(30) H : 1^{vol} et 1^{atm} — 3^{vol} Air : 3^{atm}; Pression totale : 4^{atm}.

Az O³ H.	Pour 1gr de H. Az O³ H.	Az.	Rendement d'azote.
0,0111	0,43	0,095	3 millièmes

(31) H : 1^{vol} et 1^{atm} — 3^{vol},1 Air : 3^{atm},1 ; Pression totale : 4^{atm},1.

Az O³ H.	Pour 1gr de H. Az O³ H.	Az.	Rendement d'azote.
0,0104	0,40	0,09	3 millièmes

(28) H : 1^{vol} et 1^{atm} — 4^{vol},8 Air : 4^{atm},8 ; Pression totale : 5^{atm},8.

» Il y a explosion. Acide azotique, trace non mesurable.

(29) H : 1^{vol} et 1^{atm} — 4^{vol},5 Air : 4^{atm},5 ; Pression totale : 5^{atm},5.

» Il y a explosion. Acide azotique : 0^{gr},0003.

(32) H : 1^{vol} et 1^{atm} — 6^{vol} Air : 6^{atm} ; Pression totale : 7^{atm}.

» Il y a explosion. Acide nul.

» D'après ces expériences, la formation de l'acide azotique cesse en présence de cinq volumes d'air environ ; c'est-à-dire un peu au-dessous de la limite où elle cesse en présence d'un excès d'oxygène. Mais la différence est peu marquée et la température développée est à peu près la même.

» Voici maintenant des expériences analogues, faites avec l'hydrogène sous une pression initiale quadruple.

(18) H : 3^{atm},8 — Air 13^{atm},2 (rapport des volumes 1 : 3,5) ; Pression totale : 17^{atm}.

Az O³ H.	Az.	Pour 1gr de H. Az O³ H.	Az.	Rendement d'azote.
0,0456	0,010	0,45	0,10	3,3 millièmes

(19) H : 4^{atm},3 — Air 13^{atm},5 (rapport des volumes 1 : 3,1) ; Pression totale : 17^{atm},8.

Az O³ H.	Az.	Pour 1gr de H. Az O³ H.	Az.	Rendement d'azote.
0,055	0,012	0,48	0,105	3,4 millièmes

» La dose d'acide azotique formée s'est accrue proportionnellement à la pression des deux gaz, sans qu'il y ait eu changement notable dans la température développée; par conséquent elle est restée la même pour 1gr d'hydrogène brûlé, en présence d'un excès d'azote très considérable. J'ai montré plus haut comment en opérant avec une dose beaucoup plus faible d'azote, la pression, agissant sur plusieurs systèmes où les rapports de poids des gaz composants sont les mêmes, tend à accroître l'acide azotique; mais elle le fait suivant une proportion plus lente, soit un tiers pour une variation de pression de 1 à 5 (exp. 9 à 25).

C. *Combustion dans l'air. Pression constante.*

» Un bec d'hydrogène à débit lent a brûlé au centre d'un ballon entouré d'eau, dans lequel circulait un courant d'air :

		Pour 1gr d'hydrogène.	
Poids de l'hydrogène brûlé.	AzO^3H.	AzO^3H.	Az.
gr	gr	gr	gr
(37) 0,435............	0,000028	0,000064	0,000014
(36) 0,769........	0,000056	0,000073	0,000016
(35) 0,288......	Non dosable.		

» Les doses d'acide azotique formées dans ce genre de combustion sont incomparablement plus faibles dans l'air que dans l'oxygène; elles ne s'élevaient qu'au millième de celles fournies dans l'expérience qui a donné avec ce dernier le plus fort rendement.

» Elles sont d'ailleurs beaucoup plus faibles à pression constante et par combustion localisée qu'à volume constant et par explosion.

» Je résumerai prochainement les résultats qui se dégagent des nombreuses expériences qui viennent d'être données sur la formation de l'acide azotique dans la combustion; mais dès à présent, il me paraît utile d'insister sur le caractère spécial des équilibres, manifestés par ces expériences.

» La corrélation constatée par mes expériences entre l'accroissement de la dose d'acide azotique formée et l'accroissement de l'un ou de l'autre de ses composants, azote ou oxygène, lorsqu'on opère à volume constant, est conforme aux lois générales des équilibres chimiques, d'après lesquelles la quantité d'une combinaison, accomplie dans des conditions d'équilibre, est accrue par la présence d'un excès de l'un ou de l'autre de ses composants :

loi que j'ai établie, il y a quarante ans, par mes recherches sur les éthers et qui a été vérifiée depuis dans une multitude de réactions.

» Cependant le cas actuel offre quelque chose de particulier. En effet, il ne s'agit pas d'un équilibre chimique ordinaire, tel que ceux provoqués au sein d'un système fluide homogène, par l'opposition entre les énergies internes du système, c'est-à-dire les énergies chimiques proprement dites, et les énergies calorifiques extérieures, empruntées aux milieux ambiants. En effet, mes expériences tendent à montrer qu'un semblable équilibre ne se développe pas de façon à donner lieu à un certain partage de l'oxygène entre les deux éléments oxydables mis en présence, l'azote et l'hydrogène. Au contraire, les expériences de la seconde série (n°s 3, 4, 5) montraient qu'il suffit du moindre excès d'hydrogène pour que cet élément s'empare de tout l'oxygène, correspondant à son poids, sans aucun partage.

» Dès lors les équilibres qui règlent la formation de l'acide azotique s'exercent seulement entre l'azote et l'oxygène; ils paraissent dépendre surtout de certaines actions électriques, déterminées à la fois par les inégalités des températures et de conductibilité électrique des systèmes, actions de l'ordre de celles qui interviennent dans l'effluve électrique pour provoquer la combinaison directe de l'azote avec l'oxygène, l'hydrogène, les carbures d'hydrogène. Il y a là toute une famille d'équilibres, dont je n'ai cessé de poursuivre l'étude depuis bien des années.

» Or ils présentent un caractère tout spécial, qui n'a jamais été observé dans les réactions chimiques accomplies sur un *système maintenu à une température constante et uniforme dans toutes ses parties*. En fait, dans tous les exemples de ce dernier genre qui ont été l'objet d'observations exactes, les combinaisons endothermiques, et qui demeurent telles à la température de l'observation (malgré les changements d'état physique, de condensation polymérique et les variations des chaleurs spécifiques), de telles combinaisons endothermiques, dis-je, ne donnent lieu dans aucun cas connu à des phénomènes d'équilibre. Tantôt elles subsistent, tantôt elles se décomposent peu à peu ou subitement, mais en totalité, sans que leurs éléments manifestent aucune tendance à reproduire par une réaction inverse la combinaison détruite.

» Jusqu'ici les équilibres chimiques déterminés par une action calorifique simple, je veux dire par une élévation de température uniforme pour le système entier mis en expérience, ont été observés seulement sur des combinaisons exothermiques, décomposables avec absorption de chaleur,

et régénérables en sens inverse pendant le refroidissement avec dégagement de chaleur.

» Mais il en est tout autrement lorsqu'on fait intervenir l'électricité, ainsi que je l'ai établi par de nombreux exemples, depuis la synthèse de l'acétylène, de l'acide cyanhydrique, et notamment par une multitude d'expériences sur la combinaison directe de l'azote avec les carbures d'hydrogène et les composés organiques. L'étincelle électrique, et surtout l'effluve, phénomène assimilable à une multitude de décharges silencieuses propagées au sein d'un milieu diélectrique, déterminent à la fois des phénomènes de combinaison directe entre les éléments; par exemple, la combinaison de l'azote avec l'oxygène, avec l'hydrogène, avec l'eau, avec les carbures d'hydrogène, et les phénomènes inverses de décomposition des mêmes composés. Cela a lieu aussi bien pour les composés exothermiques que pour les composés endothermiques, l'électricité fournissant dans tous les cas l'énergie convenable. De là résulte toute une famille d'équilibres électrochimiques, d'une nature dissemblable des équilibres calorifiques, quant à leur mécanisme et aux énergies qui y interviennent. Ces nouveaux équilibres se manifestent particulièrement dans les systèmes gazeux, dont les différentes portions se trouvent portées à des températures inégales, conditions favorables, comme on sait, au développement des champs électriques et aux actions d'influence qui en résultent.

» On peut même pénétrer plus avant dans le mécanisme de ces dernières actions. En effet, peut-être convient-il d'envisager ici ce que l'on appelle aujourd'hui l'*ionisation* des gaz, soit que ce mot désigne d'une façon précise la séparation effective de la molécule biatomique de l'azote et de la molécule biatomique de l'oxygène en deux atomes simples; soit qu'on l'applique à ces transformations préalables avec un emmagasinement d'énergie, que traduisent les variations des chaleurs spécifiques, avant même qu'il y ait dissociation, c'est-à-dire séparation complète des atomes combinés. J'ai mis en évidence ces transformations, antérieures à la décomposition proprement dite, dans l'échauffement progressif de l'acide carbonique et j'ai interprété de la même manière les expériences que j'ai faites, avec M. Vieille, sur la variation des chaleurs spécifiques des gaz élémentaires à partir des très hautes températures (*Thermochimie : Données et lois numériques*, t. I, p. 44 et 98). Une semblable transformation, un semblable emmagasinement d'énergie est susceptible d'être provoqué par l'intervention des hautes températures, et même à froid par l'électricité.

» La formation des combinaisons endothermiques de l'azote trouverait ainsi une explication régulière. Mais ce sont là des questions qui réclament une discussion plus approfondie. Elles montrent tout l'intérêt qui s'attache aux expériences que j'expose en ce moment. »

CHIMIE. — *Gaz combustibles de l'atmosphère : Air des villes ;* par M. **Armand Gautier**.

« Gay-Lussac, le premier, examina l'hypothèse de l'existence de gaz combustibles dans l'atmosphère. Lors de sa célèbre ascension aérostatique, il recueillit à 6636^{m} de l'air où il essaya, mais inutilement, de déceler l'hydrogène libre (1). Peu d'années après, Th. de Saussure, à Genève, en faisant détoner des mélanges d'hydrogène pur et d'air préalablement lavé à la potasse, remarqua qu'on trouve toujours dans les gaz résiduels des indices d'acide carbonique. Il supposa qu'ils résultaient de la combustion d'une trace d'oxyde de carbone provenant lui-même de la décomposition d'un peu d'acide carbonique dans les hautes régions de l'air, grâce aux fortes tensions et décharges électriques. En 1833, J.-B. Boussingault (2) établit que l'air contient toujours, dans les lieux marécageux et dans les villes, un principe hydrogéné. Il fut porté, surtout en vertu de considérations géologiques, à rapprocher ce gaz du formène CH^4 qu'on savait exister dans les émanations des terrains volcaniques et pétrolifères. Mais Boussingault ne put parvenir à recueillir les faibles quantités d'acide carbonique produites par le passage de l'air sur le cuivre porté au rouge, et il se borna à doser l'eau qui se forme. L'hydrogène ainsi obtenu répondait en moyenne pour 100 litres d'air pris au centre de Paris, en mars et mai, à 0^{gr},000676 en poids et à 7^{cc},6 en volume (soit 7^{vol},6 pour 100000 volumes d'air).

» Le même problème a été depuis abordé par d'autres savants, en particulier par MM. Müntz et Aubin en 1884 (3). Inversement de ce qu'avait

---

(1) *Journal de Physique,* t. LIX, p. 454, et *Annales de Chimie,* t. LII, p. 75. L'air fut analysé à l'eudiomètre avec le concours de Thénard. Il fut trouvé absolument identique à l'air de Paris.

(2) *Annales de Chimie et de Physique,* 2e série, t. LVII, p. 171.

(3) *Comptes rendus,* t. XCX, p. 871.

fait Boussingault, ils se bornèrent à doser l'acide carbonique provenant du passage de l'air, préalablement décarbonaté, dans un tube à oxyde de cuivre au rouge. Ils trouvèrent ainsi que l'air de la plaine de Vincennes fournit de 2 à 7 millioniêmes de son volume d'acide carbonique. Si, comme le font les auteurs, on calcule le gaz des marais répondant à cet acide carbonique, il en existerait, à la campagne, $0^{cc},2$ à $0^{cc},47$ par 100 litres d'air. Les volumes d'hydrogène théoriquement correspondants seraient doubles. A Paris, ils trouvèrent de 6 à 10 volumes d'acide carbonique ainsi formé pour un million de volumes d'air (1).

» Tous ces résultats restent donc très incomplets, puisqu'on n'a généralement dosé dans l'air que l'un des éléments combustibles, l'hydrogène ou le carbone. Ils dérivent d'ailleurs de méthodes incertaines : 1° parce que, loin qu'il soit évident que l'oxyde de cuivre au rouge brûle la totalité des gaz combustibles qui peuvent être répandus dans de très grands volumes d'air, j'ai montré qu'il n'en est pas ainsi dans les conditions ordinaires où l'on opère (2), et 2° parce qu'on a généralement admis que la lessive de potasse suffit à recueillir la totalité de l'acide carbonique produit dans cet état d'extrême dilution, erreur déjà relevée par Boussingault dans le travail précité, implicitement reconnue par Dumas et Stas dans leurs recherches *Sur le véritable poids atomique de carbone* (3), par W. Eliot et F. Storer (4), enfin par moi-même (5). J'ai mesuré cette erreur et fait voir qu'on peut l'éviter en employant l'hydrate de baryte humide.

» Enfin aucune des recherches publiées jusqu'ici ne permet de savoir si l'acide carbonique et l'eau produits dans la combustion de l'air proviennent d'hydrocarbures, d'oxyde de carbone ou d'hydrogène libre. Je rappelle que j'ai donné (6) le moyen de déterminer, grâce à la réduction de l'anhydride iodique, les plus faibles quantités d'oxyde de carbone et d'apprécier même de minimes proportions d'hydrocarbures non saturés. Mais la quantité de ces derniers gaz, extrêmement faible et souvent nulle dans l'air, même

---

(1) Le gaz des marais qui correspond ayant même volume, 100 litres d'air en contiendraient donc, à Paris, seulement $0^{cc},3$ à 1^{cc}. On verra que ces nombres sont beaucoup trop faibles.

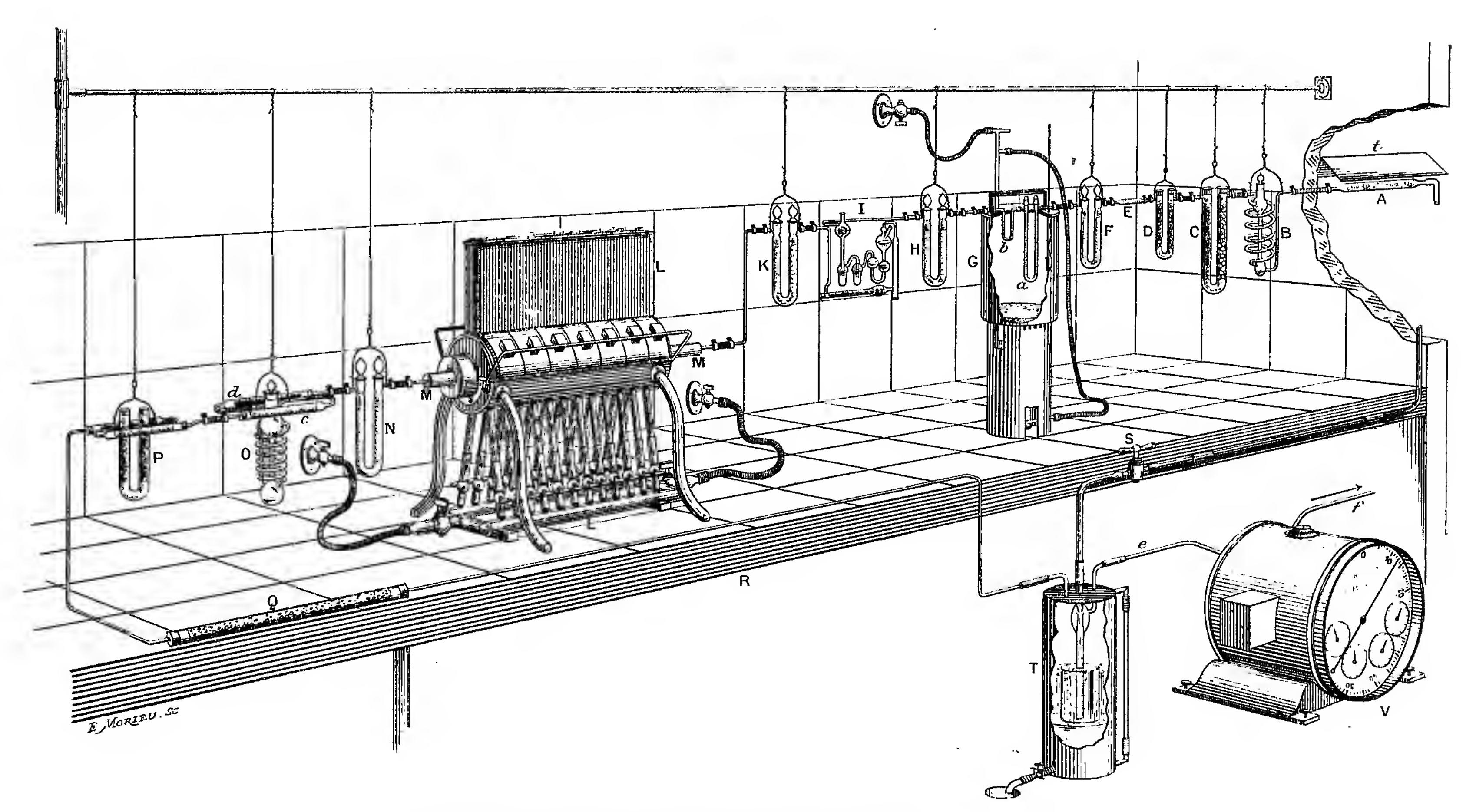
(2) *Comptes rendus*, t. CXXX, p. 1353.

(3) *Annales de Chimie et de Physique*, 3e série, t. I, p. 5 et 18.

(4) *Chemical News*, p. 178; 1861.

(5) *Comptes rendus*, t. CXXVI, p. 936 et 1302.

(6) *Comptes rendus*, t. CXXVI, p. 936 et 1302.



Appareil pour doser l'ensemble des gaz combustibles de l'atmosphère.
(Toute la partie GHIK n'est indispensable que lorsqu'on veut doser séparément l'oxyde de carbone.)

au centre d'une ville comme Paris ([1]), ne modifie en rien les résultats que nous allons faire connaître.

» Pour doser l'hydrogène libre ou combiné et le carbone des hydrocarbures j'ai employé le dispositif suivant (voir *fig.* p. 1679) :

» L'air était aspiré, jour et nuit, à travers un tube de verre A s'ouvrant directement dans l'atmosphère. Il filtrait d'abord sur une colonne de 18^{cm} de laine de verre, puis il arrivait à un absorbeur spécial à serpentin B que j'ai fait construire pour ces recherches ([2]). Cet absorbeur ne contient que 8 à 10 centimètres cubes de lessive de potasse; l'air y est transformé en bulles aussi fines qu'on veut, et, grâce à un lavage parfait, il se débarrasse de la majeure partie de son acide carbonique. Il passe ensuite dans un tube C à hydrate de baryte mouillé qui l'en dépouille entièrement ([3]). Il est alors séché successivement sur la chaux sodée D et sur de l'anhydride phosphorique E et F préparé dans des conditions spéciales ([4]). Il pénètre enfin dans un tube de porcelaine MM vernissée sur ses deux faces, plein d'oxyde de cuivre en paillettes, porté sur une longueur de 30^{cm} à la température du rouge cerise sombre (650°-700°) maintenue constante grâce au four tubulaire que j'ai déjà décrit ([5]). Des ajutages en platine soudés au tube de porcelaine permettaient d'éviter tout bouchage organique pouvant donner des traces d'hydrogène ou de carbone.

» Après avoir lentement circulé sur l'oxyde de cuivre (2^{lit} à $3^{lit},5$ à l'heure), l'air passait ensuite dans un tube N à P^2O^5 qui recueillait l'eau formée, puis dans un système de tubes absorbeurs O et P à potasse et baryte agencés pour arrêter tout l'acide carbonique sans perte ni reflux d'humidité; enfin il passait dans le tube à ponce sulfurique Q destiné à empêcher les retours d'humidité, et arrivait à la trompe aspirante T contenue elle-même dans un cylindre métallique clos, où il se séparait par décantation de l'eau qui s'écoulait au dehors, tandis que l'air était envoyé à un compteur V exact et sensible.

» Toutes les pièces de cet appareil étaient maintenues au contact par des

---

(1) *Comptes rendus*, t. CXXVI, p. 1303.

(2) *Voir* sa description au *Bull. Soc. chim.*, 3e série, t. XXIII, p. 141.

(3) *Comptes rendus*, t. CXXVI, p. 1388.

(4) *Ibid.*, t. CXXVI, p. 1393. — Dans les expériences où l'on ne dosait pas simultanément l'oxyde de carbone, toutes les pièces G, H, I, K, représentées dans la figure, p. 1679, pour montrer l'appareil complet, étaient supprimées.

(5) *Comptes rendus*, t. CXXX, p. 628.

tubes en caoutchouc spécial préparé comme il a été dit ailleurs ([1]). On s'était assuré d'avance par une circulation de plus de 400^{lit} d'air en 5 à 6 mètres de tube que ce caoutchouc n'était perméable ni à l'humidité, ni à l'acide carbonique, ni aux autres gaz sous la pression de plusieurs centimètres de mercure, et que l'oxygène de l'air ne l'attaquait pas.

» Toutes les pièces de caoutchouc étaient appliquées contre les tubes de verre par des colliers en cuivre rouge bien malléable serrant à vis. L'appareil ainsi monté tenait exactement la pression et le vide.

» Aucune série d'expériences n'était tentée sans qu'on eût atteint l'invariabilité des poids des tubes à P^2O^5 après une circulation de vingt-quatre heures, d'oxygène pur et sec, sur l'oxyde de cuivre au rouge.

» Quand, au lieu d'un tube à CuO chauffé sur 30 centimètres de long, on en prend deux, on obtient après le second de nouvelles quantités d'eau et d'acide carbonique. J'ai publié les données expérimentales qui permettent de corriger les résultats ([2]). Je vais revenir sur ce point important.

» La balance employée était placée dans une salle à température bien uniforme; toutes les pesées étaient faites par la méthode des oscillations, avec une tare de même nature et de même surface que les tubes à peser, tare destinée à corriger les petites erreurs d'état hygrométrique, de variations de pression et de température.

» Après avoir étudié la méthode et les corrections qu'elle comportait, j'ai fait circuler à travers mon appareil successivement l'air pris au centre de Paris, à la campagne, dans les bois, à la montagne et en pleine mer. Je vais donner aujourd'hui mes résultats pour l'air de Paris aspiré boulevard Saint-Germain (École de Médecine). La prise d'air se faisait à $3^m,50$ au-dessus de la chaussée.

» Les observations faites aux différentes époques de l'année sont réunies dans le Tableau suivant :

([1]) *Comptes rendus*, t. CXXVI, p. 1390, Note.

([2]) *Comptes rendus*, t. CXXX, p. 1353. L'oxyde de cuivre doit être rejeté quand on l'a chauffé plus de sept à huit cents heures. Il n'oxyde alors plus complètement, même si on l'a additionné de mousse de platine, de manganèse, d'oxyde de plomb, etc.

Dosage des gaz combustibles de l'air de Paris

(passant sur une colonne de CuO au rouge, de $0^{m},30$).

Dates.	État du temps.	Pression barométrique.	Vitesse du courant d'air dans les appareils.	Volume de l'air calculé sec à 0° et 760mm.	H^2O recueilli en milligr.	CO^2 obtenu en milligr.	H en milligr. pour 100 litres air à 0° et 760mm.	C en milligr. pour 100 litres air à 0° et 760mm.	$\frac{C}{H}$ en poids.
		mm ; mm	lit	lit					
13 et 15 juillet 1898..	Pluie, temps couvert, beau, vent N.-O.	757,8 ; 765,7	4,2	93,82	28,1	37,7	3,33	10,96	3,1
16 au 18 juillet......	Pluie, beau, vent N.-E.	763,2 ; 765,7	2,2	93,18	27,7	38,3	3,31	11,20	3,3
18 au 20 juillet......	Orageux, beau, vent N.-O.	760,8 ; 761,5	2,3	93,32	17,0	23,7	2,02	6,90	3,4
21 au 24 juillet......	Orageux, pluie, vent N.-O.	758 ; 762	2,8	116,48	26,9	48,1	2,56	11,30	4,4
14 au 16 novembre..	Couvert, pluie, brouillard, vent O. faible.	768 ; 768	3,6	124,92	12,0	16,8	1.07	3,66	3,4
16 au 18 novembre..	Temps couvert, beau, vent O. faible	768 ; 765,8	3,8	188,90	21,5	27,8	1,30	4,02	3,1
17 au 18 décembre...	Couvert, pluie fine.	770,3 ; 768,8	3,08	77,60	11,1	12,7	1,58	4,46	2,9
26 au 28 décembre...	Beau, pluie.	768,6 ; 755,6	2,25	88,54	15,4	21,2	1,94	6,45	3,3
21 au 23 janvier 1899.	Beau soleil.	755,4 ; 759,3	3,2	128,53	25,2	31,6	2.18	6,71	3,1
23 au 24 janvier.....	Beau soleil, pluie.	769,3 ; 768,8	4,0	96,64	11,2	21,8	1,28	6,16	4,8
26 au 27 janvier.....	Temps couvert.	769,6 ; 768,0	3,2	92,85	11,6	18,3	1,30	5,37	4,1
28 au 30 janvier.....	Temps couvert, neige.	763,3 ; 756,5	2,15	88,13	15,1	20,3	1.91	6,29	3,3
30 au 31 janvier.....	Temps couvert, neige.	756,5 ; 749,3	3,1	87,70	11,0	16,7	1,40	5,24	3,8
31 janv. au 1er février	Temps couvert.	749,3 ; 747,4	4,1	95,32	9,6	15,1	1,12	4,30	3,8
3 et 4 février.......	Pluie.	»	4,2	139,5	22,7	35,2	1.80	6,89	3,8
6 au 8 février.......	Pluie.	751,9 ; 754,3	2,5	103,2	28,0	43,0	3,01	11,45	3,8
11 au 13 février.....	Très beau, chaud.	751 ; 750	2,12	100,0	18,2	25,3	2,02	6,9	3,4
15 au 17 février.....	Beau.	758 ; 760	3,1	133,0	11,2	23.3	0,95	4,79	5,0
21 au 22 février.....	Très beau.	765,8 ; 766	2,40	100,0	15,4	20.5	1,71	5,60	3.3
22 au 23 février.....	Très beau.	765 ; 765	3,33	100,0	18,5	28,0	2,06	7,64	3,7
28 au 29 février.....	Très beau.	776,2 ; 775,3	3,7	100,0	11,3	23,1	1,26	6,30	5,0

Moyennes pour 100 litres d'air calculé sec à 0° et 760mm : $H = 1^{mgr},96$; $C = 6^{mgr},80$; $\frac{C}{H} = 3,49$.

» Les quantités d'eau et d'acide carbonique relatées au précédent Tableau ont été obtenues en brûlant l'air dans un seul tube à CuO, de 30^{cm} de long, chauffé au rouge vers 650°-700°. Mais les expériences suivantes établissent que, lorsqu'on fait passer cet air en trois tubes successifs à oxyde de cuivre, ces quantités augmentent très sensiblement.

Combustion de l'air en trois tubes successifs de $0^m,30$, $0^m,40$ *et* $0^m,80$ *de long.*

(Vitesse horaire : $2^{lit},5$ à $3^{lit},7$. — Beau temps, sauf pluie le 3 février.)

Date des expériences.	Volume d'air passé à 0° et 760mm.	*Hydrogène* (en milligrammes) calculé d'après l'eau recueillie. Premier tube de $0^m,30$.	Deuxième tube de $0^m,40$.	Troisième tube de $0^m,80$.	H total.	*Carbone* (en milligrammes) calculé d'après CO^2 recueilli. Premier tube de $0^m,30$.	Deuxième tube de $0^m,40$.	Troisième tube de $0^m,80$.	C total.
	lit.	mgr	mgr	mgr	mrg	mgr	mgr	mgr	mgr
3 février 1899..	103	3,1	1,6	0,10	4,8	11,8	4,1	0,2	16,1
13 » ..	100	2,0	3,9	0,12	6,1	6,9	8,7	0,2	15,8
15 » ..	133	1,24	2,06	0,14	3,44	6,3	5,2	0,3	11,8
20 » ..	100	2,06	1,96	0,15	4,16	7,64	5,0	0,0	12,7
21 » ..	100	1,71	1,2	0,10	3,0	5,6	3,35	0,3	9,25
28 » ..	100	1,26	2,6	0,10	4,0	6,3	6,6	...	....
Moyennes..................		1,9	»	»	4,2	7,4	»	»	13,2

Moyennes rapportées à 100 litres d'air sec à 0° et 760^{mm}. $H = 3^{mgr},96$, $C = 12^{mgr},45$.

» Il résulte des nombres de ce second Tableau que si au lieu de brûler les gaz de l'air dans un tube à CuO de 30^{cm} de long, on les brûle en trois tubes d'une longueur totale de $1^m,50$: 1° le troisième tube rempli de CuO au rouge sur une longueur de $0^m,80$ ne recueille rien ou presque rien; 2° pour passer des résultats observés avec un seul tube de 30^{cm} à ceux qu'on eût obtenus avec une colonne à peu près indéfinie de CuO il faut multiplier l'hydrogène du premier tube par 2,2 et le carbone par 1,8.

» Si l'on fait cette opération pour les nombres du Tableau p. 1682, on trouve comme rapport moyen, en poids, de $\frac{C}{H}$ le chiffre 2,94. C'est presque celui qui résulte des six combustions totales de l'air faites avec trois tubes successifs : $\frac{C}{H} = \frac{13,2}{4,2} = 3,1$. Ces rapports oscillent d'ailleurs également autour du rapport théorique $\frac{C}{H} = 3$ qui caractérise le gaz des marais.

» Tel est le résultat qu'a donné l'expérience pour les gaz combustibles de l'atmosphère des rues de Paris, aussi bien en été qu'en hiver. La conclusion de ces recherches paraîtrait donc être que le formène est bien, ainsi qu'on l'avait soupçonné, l'hydrocarbure qui existe à faible dose dans l'atmosphère, au moins dans celle des villes. Mais j'ai établi [1] que lorsqu'on brûle directement sur l'oxyde de cuivre ce gaz mélangé à de l'air décarburé au même état d'extrême dilution que celui où il semble exister, d'après les

[1] *Comptes rendus*, t. CXXX, p. 1357.

dosages de carbone, dans l'air atmosphérique, le rapport $\frac{C}{H}$ que donne l'expérience entre le carbone et l'hydrogène comburés par CuO n'est pas 3, ainsi que le veut la théorie, mais bien 2,4, l'hydrogène brûlant plus vite que le carbone. L'accord n'est donc qu'en partie apparent entre les nombres si satisfaisants que nous avons obtenus, et les idées *a priori* que l'on s'était faites de l'existence du méthane dans l'atmosphère. Nous verrons cependant que ce gaz y existe, mais qu'il y est mélangé d'hydrogène libre et d'autres hydrocarbures plus riches en carbone que le méthane ou les autres hydrocarbures saturés de sa famille. »

ASTRONOMIE. — *Sur la dernière éclipse de Soleil et la lumière zodiacale.* Note de M. **Perrotin**.

« L'éclipse de Soleil du 28 mai a été observée à Nice par un très beau temps. M. Perrotin, avec le grand équatorial, au moyen de l'observation directe, et M. Javelle, à l'aide de photographies prises à l'équatorial coudé, au commencement et à la fin de l'éclipse ([1]), ont obtenu, pour les instants des contacts, les heures ci-après :

		M. Perrotin.	M. Javelle.
		h m s	h m s
Premier contact.	T. m. de Nice. . . .	3.31.37	3.31.21
Deuxième contact.	T. m. de Nice.	5.41.39	5.41.49

» M. Javelle a fait vingt clichés en tout, et sur ce nombre, cinq dans le voisinage du maximum.

» C'est sans difficulté que, sur la plupart d'entre eux, se distingue le profil montagneux du bord de la Lune.

» La plaque sensible était placée à 4^{cm} environ, en dehors du foyer visuel; l'image solaire mesurait 9^{cm} de diamètre.

» De son côté, M. Charlois a fait douze clichés avec la lunette photographique d'Hermagis.

» Les courbes des enregistreurs, relevées par les soins de M. Auvergnon, indiquent, pour le milieu de l'éclipse, un abaissement de température de 2° et une augmentation de 3 à 4 centièmes, dans l'état hygrométrique de l'air.

» A la station élevée du mont Mounier, la diminution correspondante

([1]) *Mémoires du Passage de Vénus de* 1874, t. I, 2e Partie, p. 415, M. Cornu.

de température est de 1°; quant à l'état hygrométrique, il n'a pas été affecté d'une manière bien définie.

» Nous passerons sous silence, les réservant pour une publication ultérieure, quelques apparences fugitives, plus ou moins réelles, qui nous ont frappé durant l'éclipse et qui sont probablement du domaine physiologique, mais nous demanderons de consigner ici la remarque ci-dessous qui semblerait inopportune si elle ne se prêtait à d'utiles rapprochements.

» Depuis le mois de novembre 1874 (1), époque à laquelle nous fîmes cette observation à Toulouse pour la première fois, il ne s'est guère passé d'année que nous n'ayons aperçu la lumière zodiacale se dessinant, vers le milieu de la nuit, avec une indiscutable netteté, d'un bout de l'horizon à l'autre, sur tout le pourtour du ciel. Dans le cours de ces observations, il nous est arrivé bien souvent encore, soit au mont Gros, soit au mont Mounier, de noter l'inégale distribution de cette lumière le long du zodiaque et la variation de son intensité, d'une année à l'autre.

» Or, ce printemps, — et c'est là que nous voulions en venir — la lumière zodiacale s'est montrée à Nice (en mars et avril notamment), dans les parties du ciel où d'ordinaire elle est le plus difficilement perceptible, avec un éclat que l'on peut sans exagération qualifier d'extraordinaire. Nous en avons été tellement frappé, du reste, qu'à deux ou trois reprises, nous avons cru devoir signaler cette circonstance à nos collaborateurs, comme ayant, à nos yeux, le caractère d'une nouveauté et presque d'un événement scientifique.

» Cette constatation nous semble à sa place dans cette Note, car elle conduit involontairement à se demander si ces variations ou éclats anormaux ne sont pas liés dans une certaine mesure aux changements de forme et d'intensité que les astronomes ont coutume de remarquer dans la couronne, à l'occasion des éclipses totales.

» A cet égard, les dessins ou photographies de l'éclipse du 28 mai des missions envoyées sur la ligne centrale, peuvent fournir de précieux renseignements.

» Mais, qu'il y ait ou qu'il n'y ait pas connexion entre les deux ordres de phénomènes, nous avons jugé nécessaire d'appeler dès aujourd'hui sur ce point l'attention des observateurs, le fait lui-même ne pouvant, d'ailleurs, que contribuer au progrès de nos connaissances sur les régions de l'atmosphère solaire qui s'étendent au delà de l'orbite terrestre. »

---

(1) *Comptes rendus*, t. LXXIX, p. 1251.

ASTRONOMIE. — *Occultation de Saturne par la Lune le 13 juin dernier.* Par M. PERROTIN.

« La rareté du phénomène nous engage à demander l'insertion dans les *Comptes rendus* des observations faites à ce sujet par M. Prim et par nous, avec l'équatorial coudé et avec l'équatorial de neuf pouces, respectivement.

		Observateurs. M. Prim.	Observateurs. M. Perrotin.	
		Disparition.		
		h m s	h m s	
Anneau.	Bord extérieur....	10. 0.57	10. 9. 9	Temps moyen de Nice.
	Bord intérieur....	9.13	9.19	»
Disque.	Premier bord.....	9.28	9.35	»
	Deuxième bord...	10. 7	10. 3	»
Anneau.	Bord intérieur....	10.20	10.20	»
	Bord extérieur....	10.10.34	10.10.29	»
		Réapparition.		
Anneau.	Bord extérieur....	11.24.58	»	»
	Bord intérieur....	25.14	11.25.18	»
Disque.	Premier bord.....	25.24	25.29	»
	Deuxième bord...	26. 7	26.10	»
Anneau.	Bord intérieur....	26.18	26.20	»
	Bord extérieur....	11.26.34	11.26.26	»

» D'où l'on déduit, entre autres résultats, pour le centre du disque, la gibbosité n'ayant pas d'influence dans les limites des erreurs des temps observés :

		M. Prim.	M. Perrotin.	
		h m s	h m s	
Centre.	Disparition...	10. 9.46,5	10. 9.49,2	»
	Réapparition.	11.25.45,8	11.25.49,2	»
Durée de l'occultation...		1.15.59,3	1.16. 0,0	»

GÉOLOGIE. — *Sur la formation des couches de stipite, de houille brune et de lignite*. Note de M. GRAND'EURY.

« Sous ces trois dénominations s'appliquant à la majorité des combustibles fossiles des terrains secondaires, tertiaires anciens et néogènes, je vais décrire, en quelques mots, pour les comparer au terrain houiller, les formations charbonneuses suivantes, que depuis dix ans j'ai eu l'occasion de visiter et d'étudier, savoir :

» Le stipite keupérien de Vescagne (Alpes-Maritimes); la houille liasique du Banat, à Bréguéda (Bregeda) et à Anina; le braunkohle éocène de Kovacsi près Budapest; le bassin oligocène de la Zsily (Transylvanie), le bassin de Warasdin (Croatie); le braunkohle néogène de Brennberg (Hongrie), de Salgo-Tarjan; les lignites de Bozovics (Banat), de Marceau (Algérie), de Koloméa (Galicie), de Budweiss (Bohême), de Voglans (Savoie).

» A Vescagne et à différents autres endroits de la région, des arêtes de soulèvement ont ramené au jour, de dessous les calcaires jurassiques, une assise argilo-charbonneuse ayant pour mur du gypse et pour toit des carnieules. On y explore une couche de stipite stratifié dans lequel on n'aperçoit que des débris d'*Equisetites*, sans fusain; dans les argiles schisteuses encaissantes, nombreuses racines en place rappelant celles des Calamariées, mais appartenant aux *Equisetites*. A Ascros, affleurent plusieurs couches. A la Turbie, pas de racines.

» Dans le Banat, à Bréguéda, on connaît plusieurs couches de charbon anthraciteux bien stratifié, au mur et dans les nerfs desquelles se trouvent beaucoup de racines en place, les unes étalées sous le charbon et très divisées, les autres normales aux couches et traversant plusieurs plaques de schiste. A Anina, on exploite du charbon gras dans un terrain schisto-gréseux; ce terrain recèle des racines ligneuses en place; les nerfs du charbon sont encombrés à l'excès de racines herbacées. Le terrain productif est surmonté d'une puissante assise de schistes plus ou moins bitumineux, sans racines, sans charbon.

» M'étant fait envoyer du Tonkin des nerfs de charbon, j'y ai trouvé de petites racines ligneuses en place et une base conique enracinée d'*Equisetites*. Le charbon au contact est parfaitement stratifié.

» Le braunkohle de Kovacsi et de Solymar fait partie d'un dépôt d'argile compris entre du calcaire triasique et des marnes et calcaires nummulitiques. Dans ce dépôt sont intercalés des calcaires d'eau douce et des houilles brunes compactes et schisteuses. Beaucoup de coquilles. Pas de racines en place.

» Au Brennberg gît une grande couche de charbon de 9^m d'épaisseur, reposant sur le micaschiste par l'intermédiaire d'une mise de schistes sans racines et recouverte de

schistes charbonneux et d'une série puissante d'argile, de sable et de conglomérats. Le charbon est parfaitement stratifié, bien que compact et peu nerveux. La couche à Zereichennwald augmente d'épaisseur, se subdivise et se schistifie partiellement; dans les schistes associés au charbon, il y a beaucoup de plantes couchées à plat, mais pas de racines en place.

» Dans un grand rayon autour de Salgo-Tarjan s'étend, vers Fuleck et Matra-Novak, une formation charbonneuse peu puissante, presque horizontale, reposant sur des tufs de rhyolite et recouverte d'argiles, grès et poudingues. Cette formation contient deux ou trois couches de braunkohle bien stratifié; à l'une d'elles est associé du schiste bitumineux. A Matra-Novak, une couche est sur le grès, une autre sur l'argile; du côté de Fuleck, les couches amincies gisent au contact d'un sable très fin; je n'ai pas remarqué de racines en place, je ne dis pas qu'il n'y en a point.

» Près Warasdin, à Bélétinec, on connaît quatre à cinq couches de glanzkohle très régulières de dépôt et, quoique disloquées, fort étendues, gisant, entre le Trias et le calcaire de la Leitha, dans l'argile et le sable fin; le faisceau est surmonté de graviers. Les couches de charbon sont subdivisées par des nerfs d'argile et accompagnées de satellites comme les couches de houille; le charbon est d'ailleurs bien stratifié. Il repose d'ordinaire sur des argiles grises souvent pénétrées de racines d'herbes et même d'arbres. Au toit, tiges et branches d'arbres couchées sur le charbon, *Cardium* dans le tegel.

» A Koloméa, j'ai vu en détail aux puits Barbara et Stanislau, distants de plusieurs kilomètres, une petite couche de lignite très régulière gisant dans un sable fin comme celui de la Mòlasse, et renfermant même un joint de ce sable. Le lignite est parfaitement stratifié par des feuilles.

» A Marceau, sous le Pliocène, on a récemment mis à découvert un dépôt de sables, d'argile et de marnes, au milieu desquels se trouvent plusieurs couches de lignite schisteux rempli de coquilles d'eau douce. Pas de racine en place. Une lumachelle d'*Ostrea* est intercalée dans ce dépôt.

» A Steinkirch, près Budweis, amas de lignite au fond de bassins superficiels comblés de sables. Lignite entre argile, composé d'argile ligniteuse, de bois, d'herbes et de racines ; on dirait de la tourbe forestière récemment recouverte de limon.

» Cependant le lignite postpliocène de Voglans, à 45 pour 100 d'eau, a encore les apparences d'une couche de houille; il repose sur une argile sans racines, mais est divisé par un nerf d'argile brune pénétrée de racines de diverses sortes; le lignite est stratifié, quoique formé en partie de bois, et la partie supérieure de la couche est même rendue schisteuse par le mélange et l'intercalation de fines particules minérales. Toutefois on m'a remis comme provenant de la même couche, du lignite tourbeux formé de roseaux et de racines entrelacés.

» Le bassin de la Zsily, par son importance et sa composition, mérite une description moins sommaire. Il se divise en trois étages qui sont à la base un poudingue rouge vineux, au milieu une longue série de schiste et grès avec argile et calcaire subordonnés, et de nombreuses couches de houille, et en haut des poudingues et marnes verdâtres formés au détriment de roches amphiboliques. L'étage productif, assis sur du grès blanc, est très riche, renfermant à Lupény huit couches de charbon de 1^m à 30^m d'épaisseur, très régulières, la plus puissante étant connue sur plus de

20^{km} de longueur. Le charbon est bien stratifié, quoique renfermant de nombreuses tiges ligneuses; les schistes du toit sont souvent feuilletés. Les couches reposent généralement sur des argiles bleuâtres pénétrées de racines. A Pétrozsény, les nerfs de la grande couche contiennent des racines en place; à Lupény, un nerf de la même couche est rempli de rhizomes de *Nymphea* enracinés jusque contre le charbon. Dans celui-ci, en général, il y a des nerfs avec racines; celles-ci rapprochées rendent certains nerfs charbonneux. A la base de plusieurs couches, il y a du charbon terne avec planorbes, comme paraît capable d'en produire la boue noire tourbeuse de certains fonds d'étang. Il y a partout beaucoup de coquilles, au toit, au mur et dans les entre-deux dés couches de charbon, des lumachelles de cérithes, de cyrènes et même d'*Ostrea*. Dans les argiles à coquilles d'eau saumâtre, il n'y a pas de racines en place, non plus que dans les roches calcaires. La cinquième couche repose sur schiste et grès traversés tous deux par les mêmes racines, et a pour toit du calcaire où est intercalée une veine de houille calcifiée.

» Je signalerai enfin, à l'ouest de Pétrozsény, une forêt fossile remarquable rivalisant avec celle si célèbre du Purbeck. Dressée au toit de la grande couche, elle se compose d'un nombre imposant de tiges ligneuses assez rapprochées, de $0^m,20$ à $0^m,50$ de diamètre, à écorce houillifiée et à bois calcifié, enracinées au-dessus du charbon, perpendiculaires à la couche, hautes de 4^m à 6^m et traversant une série de grès argiloschisteux; et, ce qui en constitue le principal intérêt, ces roches à la base des tiges sont parsemées de rameaux de *Taxodium dubium* tombés évidemment de ces arbres debout et enfouis, pendant leur croissance, sous des apports de limon.

» Rapprochant les faits analogues, je ferai d'abord observer que les racines en place témoignent, de concert avec les coquilles, d'une formation d'eau douce, ces racines appartenant à des plantes de marais qui à Lupény ont manifestement fui les eaux saumâtres.

» En général, dans les formations de houille brune, dominent l'argile et le schiste. Les alluvions grossières et l'invasion de la mer ont mis fin à la formation charbonneuse. Il en a été de même des affaissements importants qui ont amené le dépôt en eaux profondes, au-dessus du charbon, de l'assise des schistes fissiles d'Anina et de l'étage stérile supérieur de la Zsily.

» Toujours et partout les charbons récents sont des formations superficielles dans des eaux mortes, comme en témoignent les racines en place et la nature des plantes auxquelles elles appartiennent.

» Les racines sont plus rares que dans le terrain houiller, et il n'y a presque pas de forêts fossiles. Cela serait-il dû à ce que les plantes de marais, étant devenues herbacées, ne pouvaient prendre pied dans une eau tant soit peu profonde? C'est probable, les racines en place étant peu consistantes ou de petites dimensions.

» On peut admettre, je crois, avec G. de Saporta, que dans la forma-

tion des houilles brunes, les plantes de marais ont joué le premier rôle, le bois n'entrant le plus souvent dans leur composition que d'une manière accessoire. Il y a, il est vrai, beaucoup de plantes de terre sèche mêlées aux autres, mais cela n'empêche pas que le lignite ne soit à base de tourbe. Le stipite de Vescague paraît en tout cas formé exclusivement d'*Equisitites*, c'est-à-dire de grandes Prêles marécageuses.

» Or, les Stipites et les houilles brunes sont aussi bien stratifiés que la *vraie houille*, quoique par de plus fines lames brillantes faisant ressortir davantage la prédominance de l'humus. Malgré cela, ou plutôt à cause de cela, les lits de ces charbons sont souvent aussi réguliers et continus que ceux de calcaire; ils ont la texture des schistes rubanés, et tout démontre que les houilles brunes sont des dépôts de transport et de précipitation lente. Cela ne fait aucun doute pour le lignite de Koloméa. Les éléments de formation autochtone sont rares dans les houilles brunes que je connais, et il est vraisemblable que leurs gisements, tout comme ceux de houille noire, ne représentent que la partie profonde ayant été accessible aux dépôts de limon, des grands marais tourbeux qui ont occupé les terres basses inondées durant les périodes géologiques. Il s'y est évidemment formé beaucoup de charbon sur place, mais n'ayant pas été recouvert il a disparu. A Voglans, toutefois, un peu de lignite formé sur place se trouve conservé, avec le lignite de transport, mais sous le même gravier.

» Les roches encaissant les combustibles modernes et leur étant associées, se ressemblent entre elles et avec celles du terrain houiller, en dépit de la diversité des sédiments originels. Ainsi, à Lupény, les schistes touchant la houille sont noirs et fins, alors que, à distance du charbon, entre la septième et la huitième par exemple, les roches sont grossières et vertes comme celles de l'étage stérile supérieur. Le carbonate des houillères abonde dans la grande couche de Pétrozsény; dans les tranchées ouvertes sur cette couche on se croirait sur un découvert de Decazeville.

» A ce sujet, comme aux autres points de vue, les explications données à propos de la houille s'appliquent aux charbons récents, et par là s'affirme l'unité de formation des combustibles fossiles. »

NOMINATIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à la nomination d'un Correspondant pour la Section de Mécanique, conformément au Décret du 24 juin 1899.

Au premier tour de scrutin, M. Dwelshauvers-Dery obtient 44 suffrages.

M. **Dwelshauvers-Dery**, ayant obtenu l'unanimité des suffrages, est élu Correspondant de l'Académie.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à la nomination d'un Correspondant pour la Section de Minéralogie, en remplacement de M. *Suess*, nommé Associé étranger.

Au premier tour de scrutin, M. D.-P. Œhlert obtient 42 suffrages.

M. **D.-P. Œhlert**, ayant réuni l'unanimité des suffrages, est élu Correspondant de l'Académie.

CORRESPONDANCE.

M. **Gibbs**, élu Correspondant pour la Section de Mécanique, adresse ses remercîments à l'Académie.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Le tome Ier des « Leçons sur la théorie des formes et la Géométrie analytique supérieure », de M. *H. Andoyer* (présenté par M. Picard).

2° « La Tour de trois cents mètres », par M. *G. Eiffel*. Texte et planches (présenté par M. Mascart).

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Observations de l'éclipse totale de Soleil du 28 mai 1900, à Argamasilla (Espagne)*. Note de M. **H. Deslandres**, présentée par M. Janssen.

« Le lendemain de l'éclipse, j'ai adressé de la station d'Argamasilla la dépêche suivante au Bureau des Longitudes, qui m'avait confié la mission d'observer le phénomène.

» Beau ciel. Couronne étendue, assez brillante, mais pauvre en radiations gazeuses. Résultats nouveaux sur rayonnements ultra-violet et calorifique. Bonnes épreuves avec appareil Marey.

» Revenu en France, je présente à l'Académie un résumé plus complet des observations faites.

» Les éclipses totales du Soleil fournissent, pendant les quelques secondes de la totalité, les seules occasions connues d'étudier la partie la plus haute et la plus étendue de l'atmosphère solaire, qui est la *couronne*, et, en outre, la partie la plus basse de cette atmosphère, et aussi de la chromosphère, appelée *couche renversante*, qui est très mince et, pour cette raison, n'a pu encore être observée en temps ordinaire, même avec les plus grandes lunettes.

» Je me suis proposé d'étudier ces deux parties importantes du Soleil, en m'attachant surtout aux propriétés non encore reconnues. J'ai préparé avec soin : 1° la recherche de la vitesse de rotation de la couronne par la méthode spectrale que j'ai appliquée le premier dans ce but en 1893; 2° (*a*) la reconnaissance du spectre ultra-violet de la couronne, dans la seconde partie la plus réfrangible (de λ 3500 à λ 3000), qui est absorbée par les verres ordinaires, et que j'ai obtenue le premier en 1893, mais d'une manière incomplète; (*b*) la reconnaissance du spectre ultra-violet de la couche renversante dans la seconde partie, non encore abordée; 3° l'étude du spectre calorifique de la couronne (non encore abordée) dans une partie éloignée du rouge; cette étude, comme on le verra plus loin, est importante pour les recherches ultérieures sur la couronne; 4° la photographie directe de la couronne avec des plaques lentes à grain fin.

» Dans la réalisation de ce programme, j'ai été aidé par M. Millochau, aide-astronome, et par trois assistants, MM. Charbonneux, Burson et d'Azambuja, âgés de 21 ans et demi, 18 ans et demi et 16 ans et demi, tout jeunes donc, mais pleins d'ardeur. A ces astronomes se sont joints M. Aguilar, étudiant de la Faculté des Sciences de Madrid, et deux amateurs français, M. Fallot, arrivé quatre jours avant l'éclipse, avec un chronophotographe obligeamment prêté par M. Marey, et M. André Bloch, arrivé deux jours avant l'éclipse.

» *Rotation de la couronne.* — J'ai consacré à cette recherche trois spectroscopes de grande dispersion, un spectroscope oculaire à réseau et deux spectroscopes photographiques à deux et trois prismes de flint. Les déplacements et les vitesses étaient mesurés par la méthode de l'inclinaison, que j'ai imaginée pour étudier la rotation de Jupiter, de Saturne et de ses anneaux, et qui s'applique à une petite image de l'astre.

» Le spectroscope oculaire était réglé sur la raie verte de la couronne; mais cette dernière n'a pas été vue tout d'abord, étant faible, courte, large et diffuse. Sur le côté ouest de l'équateur, l'inclinaison a paru correspondre à une rotation plus rapide que celle du disque.

» Les deux spectroscopes photographiques étaient disposés de manière à recevoir chacun sur leur fente trois images de l'astre. J'ai obtenu ainsi les spectres (de λ 4800 à λ 3700) de six sections doubles ou de douze sections parallèles à l'équateur solaire et également réparties d'ailleurs sur l'anneau coronal. Or les raies gazeuses chromosphériques et le spectre continu sont assez intenses sur les épreuves; mais les raies coronales, nécessaires à l'étude de la rotation, manquent presque absolument, sauf en deux points, où elles ont la faible hauteur de 3′, et se prêtent à la rigueur à une mesure. La faiblesse des raies coronales a été signalée déjà à l'époque du minimum des taches.

» *Rayonnement ultra-violet.* — Je cite tout d'abord un petit spectroscope en spath et quartz, très lumineux, déjà employé au Sénégal, qui a donné le spectre ultra-violet complet (hauteur 15′) mais sans détails.

» Les meilleures pièces optiques en spath et quartz ont été réservées pour deux chambres de $0^m,50$ et 1^m avec prismes objectifs; car, si le spectroscope à fente donne mieux le spectre d'un point particulier, le prisme objectif fournit à la fois les spectres de tous les points.

» Avec ces deux chambres, on a obtenu dix épreuves qui donnent : 1° le spectre ultra-violet entier de la couche renversante, à savoir la moitié déjà connue, de λ4000 à λ3500, et la moitié non encore reconnue, de λ 3500 à λ3000; 2° le spectre ultra-violet entier de la chromosphère supérieure, non reconnue encore par la méthode classique de MM. Janssen et Lockyer; 3° le spectre entier de la couronne avec deux anneaux complets qui annoncent deux radiations coronales nouvelles.

» Les épreuves précédentes sont à longue pose, à cause de la faiblesse des rayons ultra-violets extrêmes; elles ne peuvent montrer les variations rapides, si curieuses, des spectres des croissants solaire et chromosphérique.

» J'ai comblé cette lacune grâce à M. Marey, qui, très aimablement, m'a confié pendant quelques jours un de ses chronophotographes à pellicule mobile. L'appareil a été relié à un train de quatre prismes objectifs en crown donnant le spectre ultra-violet de λ3800 à λ3500. Il a fourni, en deux minutes, jusqu'à cinq cents épreuves successives de $0^m,02$ de haut sur $0^m,03$ de large, qui montrent clairement la marche du phénomène.

Une des épreuves offre, complète, la série des raies ultra-violettes de l'hydrogène (au moins vingt-quatre), série remarquable par la régularité mathématique des intervalles.

» A citer aussi une chambre reliée à un réseau objectif et réglée sur la raie verte de la couronne, mais qui a donné seulement des arcs de la chromosphère, sans aucune trace de l'anneau coronal, et fournit ainsi une nouvelle preuve de la faiblesse des raies gazeuses de cette couronne.

» *Rayonnement calorifique.* — J'ai fait déjà ressortir l'importance particulière des rayons calorifiques pour l'étude de la couronne. Car la lumière bleue diffuse de notre ciel, qui nous cache les étoiles et la couronne, est riche en rayons très réfrangibles, mais doit être pauvre en rayons de faible réfrangibilité. Un œil sensible aux rayons infra-rouges extrêmes seuls verrait les étoiles en plein jour, et j'ai annoncé que la reconnaissance de la couronne en dehors des éclipses était liée à la photographie des images avec les rayons calorifiques. Mais il importait de vérifier que la couronne émet ces derniers rayons en quantité notable.

» J'ai préparé un appareil spécial qui comprend : un grand miroir argenté à court foyer pour la projection de l'image solaire, un spectroscope à fente et à prisme de crown, et une pile de Melloni très sensible avec un galvanomètre Deprez-d'Arsonval. La pile recevait seulement de la chaleur infra-rouge dans les environs de λ 13000.

» Le jour de l'éclipse, avant, pendant et après la totalité, on a mesuré la chaleur rayonnée par le centre de la Lune, et par des points du ciel à 3′, 6′, 20′ du bord solaire. La chaleur du centre lunaire a diminué progressivement jusqu'à être nulle à la totalité; et à ce moment les points de la couronne à 3′ et 6′ du bord solaire ont donné les déviations 5 et 3 sur l'échelle. Ces mêmes points, en dehors de l'éclipse et pour une même hauteur du Soleil, le ciel étant très pur, ont donné parfois les déviations 11 et 7. La chaleur de la couronne était alors la moitié de la chaleur rayonnée totale (¹). Cette expérience simple montre clairement la possibilité d'obtenir la couronne en dehors des éclipses avec les rayons calorifiques.

(¹) Avec les rayons lumineux ordinaires, le rapport entre la lumière de la couronne et la lumière des autres points du ciel, en temps ordinaire, est tout différent. Dans le vert-jaune, la lumière propre de la couronne est au plus la quarantième partie de la lumière du ciel en temps ordinaire, d'après des mesures photométriques récentes. D'où l'impossibilité presque absolue d'obtenir la couronne en dehors des éclipses avec les rayons lumineux.

Photographie directe de la couronne. — Elle a été obtenue seulement avec de petites lunettes de $1^m,10$; $0^m,40$; $0^m,30$, l'observatoire de Meudon n'ayant pu mettre à ma disposition les grands objectifs de sa collection. Mais les épreuves ont été faites sur plaques lentes à grain fin et peuvent subir un agrandissement notable. Sur certaines, les bandes équatoriales s'étendent à une distance du Soleil égale à deux diamètres.

» Les nombreux appareils précédents ont été portés par un équatorial ancien de huit pouces et par deux équatoriaux construits spécialement pour l'éclipse, l'un en bois, l'autre en métal. Le dernier, en métal, est à la fois léger et stable, et offre des dispositions particulières. Il présente, à portée de la main et de tous les côtés, de grandes tables sur lesquelles on peut fixer les appareils aussi facilement que sur une table de laboratoire. Ce modèle est à recommander pour les recherches d'Astronomie physique.

» En terminant, je signale que la durée de la totalité a été trouvée inférieure de cinq secondes environ à la durée calculée. »

ASTRONOMIE. — *L'éclipse partielle de Soleil du* 28 *mai* 1900, *à l'observatoire de Toulouse.* Note de MM. **Montangerand**, **Rossard**, **Besson**, présentée par M. Lœwy.

« L'éclipse de Soleil du 28 mai dernier a été observée à Toulouse par un temps favorable. Malgré la présence de quelques nuages, le phénomène a pu être suivi dans toutes ses phases.

» Nous nous étions proposé ici :

» 1° L'observation directe des contacts;

» 2° La mesure de la corde commune;

» 3° L'obtention de clichés photographiques;

» 4° La connaissance des manifestations météorologiques.

» Les observateurs étaient :

» M. Montangerand, à l'équatorial photographique de la Carte du Ciel, diaphragmé à 6^{cm};

M. Rossard, à l'équatorial Brunner de $0^m,25$ d'ouverture, diaphragmé à 10^{cm};

M. Besson, pour les observations météorologiques et la détermination de l'heure; M. Besson a, en outre, assisté par moments M. Montangerand.

» *Observation des contacts.* — Le premier n'a pu être noté directement, mais l'heure pourra être déduite de la mesure des cordes.

» Voici les moments relevés pour le deuxième contact :

Temps moyen de Paris.	Observateurs.
$5^h 21^m 30^s,5$	Montangerand
$21^m 32^s,4$	Rossard

» L'époque prévue par la *Connaissance des Temps* était $5^h 21^m,5$; on voit que l'accord est complet.

» *Corde commune.* — Des séries de mesures, non encore réduites, ont été effectuées par M. Rossard dans le voisinage du commencement et de la fin.

» *Poses photographiques.* — L'objectif, de $0^m,33$, avait été diaphragmé à 6^{cm}; 16 clichés ont été obtenus pendant la durée de l'éclipse par M. Montangerand. Chaque cliché présente deux poses; de l'une à l'autre, l'instrument était immobilisé, de sorte que la tangente commune aux deux images donnera la direction du mouvement diurne, la réfraction et le mouvement en déclinaison, d'ailleurs faible, du Soleil, étant pris en considération. On aura l'angle de position et aussi la longueur de la corde commune. La mesure de ces 16 clichés sera exécutée dès que l'un des appareils de mesure sera disponible; les résultats en seront publiés avec ceux de la réduction des mesures de M. Rossard.

» Les deux plus petites cordes, à l'entrée et à la sortie, données par les clichés extrêmes sont à très peu près égales en grandeur. Sur le dernier cliché, la corde correspond à $5^h 20^m 27^s,7$, c'est-à-dire $1^m 2^s,8$ avant le contact directement observé. La corde du premier cliché correspondant à $3^h 5^m 53^s,9$; le commencement de l'éclipse aurait donc eu lieu à $3^h 4^m 51^s,1$; ce qui est exact à quelques secondes près. Si on compare à l'heure, $3^h 4^m 8^s$, prévue par la *Connaissance des Temps,* on voit que la concordance est presque parfaite.

» *Observations météorologiques.* — Ces observations ont été faites par M. Besson. En voici les principaux résultats :

» Jusque vers $3^h 30^m$, c'est-à-dire environ vingt-cinq minutes après le commencement de l'éclipse, la température a graduellement monté, puis elle a baissé de 3°, le minimum s'est produit un peu après le maximum de la phase; enfin, elle est remontée de 1° jusque vers la fin pour reprendre ensuite sa marche décroissante normale.

» L'état hygrométrique de l'air n'a pas sensiblement changé; de même pour la pression barométrique.

» Pendant ce phénomène, le vent, qui était modéré, a légèrement faibli pour se ranimer à la fin.

» M. Besson a constaté, pendant la plus grande phase, que les horizons étaient brumeux et que les objets, à la surface du sol, présentaient une teinte blafarde sensible.

» Comme M. Montangerand, il a pu voir, très distinctement et pendant une heure environ, la planète Vénus à l'œil nu. »

ASTRONOMIE. — *L'éclipse totale du 28 mai 1900 étudiée à Elche.* Note de M. **José Comas Sola**, présentée par M. Faye.

« Je me proposais, dans l'observation de cette éclipse : 1° de photographier le spectre de la chromosphère en vue d'étudier le spectre renversé et la hauteur ou épaisseur relative des gaz chromosphériques; 2° photographier la couronne.

» A ce propos, j'ai construit un appareil consistant en un pied équatorial avec mouvement d'horlogerie qui entraînait, à la fois, la chambre photographique avec objectif astronomique de 11^{cm} de diamètre et $1^{m},60$ de distance focale, et une chambre prismatique spectrale composée de deux prismes de flint de 60° et un objectif astronomique de 55^{mm} et 80^{cm} de distance focale.

» J'ai pris une photographie spectroscopique trente secondes avant le commencement de la totalité, pour avoir un spectre de comparaison à la même échelle des autres. Ce spectre a été très utile pour la comparaison de la région chimique, mais malheureusement il est très pauvre de raies dans la région visible. Il présente déjà renversées les raies H, K, F et une autre, peut-être appartenant au titane, vers λ 4470.

» Au commencement de la totalité, j'ai pris une photographie du spectre de la chromosphère. Il est bien net; on y peut compter en totalité plus de 120 raies brillantes. Les plus fortes sont H et K; puis celles de l'hydrogène, telles que *h*, 2796K et F. La raie D_3, qui se trouve dans mon cliché à l'extrémité du spectre, est aussi bien intense. On y voit très bien les raies de l'hydrogène dans l'ultra-violet, bon nombre de celles du titane et du fer; les *b* (doubles) du magnésium, celle de la couronne 1474 K est très faible, mais bien visible. Ne pouvant disposer encore d'un bon appareil de mesure, je ne peux préciser dans ce moment la longueur d'onde de toutes les raies. Ceci sera l'objet d'un travail ultérieur.

» Je dois remarquer, quoique en faisant toutes mes réserves sur la nature du phénomène, que dans mes clichés spectroscopiques les raies montrent une tendance à la multiplicité vers le côté le plus réfrangible, se montrant d'abord doubles et finalement quadruples. Cette multiplicité a lieu dans le sens équatorial, c'est-à-dire dans le sens du maxima d'expansions coronales. On n'y remarque aucune loi de décroissance dans l'intensité des composantes de ces raies multiples et chacune des composantes est bien nette. On peut rapprocher cet aspect de celui observé dans les photographies de la couronne faites par M. Moye (Commissions de Montpellier et Toulouse) à Elche, et qui montrent, selon les rapporteurs, plusieurs couches actiniques dans les régions basses de la couronne, concentriques avec le Soleil et allongées dans le sens de l'équateur (*Comptes rendus* du 5 juin 1900. Rapport de MM. Meslin, Bourget et Lebeuf). D'ailleurs, on observe quelque chose de semblable dans un de mes clichés de la couronne.

» La seconde photographie spectroscopique a été prise 25 secondes après le commencement de la totalité. La pose a été le double de la première (celle-ci fut exposée 2 secondes); mais, malgré cela, presque toutes les raies ont disparu. Seules, restent les H, K, très accusées et dessinant tout le contour de la chromosphère avec les protubérances et quelques autres de l'hydrogène, mais dans ces dernières on y voit presque seulement les protubérances comme de petits points lumineux. Au moins pour la plaque sensible, les radiations H et K ont été les plus constantes et intenses. Si elles sont dues totalement au calcium, ce gaz serait dans la chromosphère le plus élevé ou le plus actinique de tous les autres. Son épaisseur normale serait au moins de 16000^{km}.

» Les deux photographies de la couronne que j'ai prises montrent une foule de détails. On y voit parfaitement une constitution filamenteuse, sorte de chevelure de lumière; les filaments lumineux convergent, dans les expansions équatoriales, vers l'équateur, et, dans les calottes polaires, apparaissent des plumeaux de rayons très réguliers et plus courts que les filaments équatoriaux. Le type de cette couronne est parfaitement celui qui correspond à la période du minimum d'activité solaire.

» Dans la première photographie, qui est très douce, sont visibles bon nombre de protubérances qui correspondent à celles enregistrées par le spectroscope. L'extension coronale dans les photographies arrive presque à trois fois le rayon solaire. Dans ces clichés apparaît Mercure.

» Les observations thermométriques ont donné un abaissement de 12°,5. Les observations barométriques n'ont rien d'intéressant. »

ASTRONOMIE. — *Observations des franges d'ombre faites pendant l'éclipse totale de Soleil du 28 mai 1900.* Note de M. **Moye**, présentée par M. A. Cornu.

« Nous trouvant à Elche (Espagne), où la mission des Universités de Montpellier et de Toulouse avait bien voulu nous permettre de l'assister dans ses travaux, nous avons pu faire les remarques suivantes sur les franges d'ombre.

» Environ deux minutes avant le deuxième contact, notre attention a été attirée par un garde civil et nous avons pu voir nettement sur le sol battu et uni qui nous entourait les franges d'ombre sous forme de bandes grisâtres d'apparence sinusoïdale. Ces bandes ou plutôt ces ondulations nous ont paru avoir une largeur de $0^m,08$ à $0^m,10$, être séparées par un intervalle de $0^m,30$ à $0^m,40$ et se mouvoir avec une vitesse assez faible comparable à celle d'un homme au pas. La direction de leur mouvement, sensiblement constante, était de l'est vers l'ouest, très approximativement.

» Une minute environ avant la totalité, ces franges ont présenté un aspect que nous ne croyons pas avoir été antérieurement signalé. En plus des franges que nous venons de décrire et qui se mouvaient vers l'occident, il est venu se superposer un second système de franges offrant le même aspect que les premières, mais avec cette particularité remarquable que leur mouvement était dirigé en sens contraire, c'est-à-dire de l'ouest vers l'est. Il en résultait que l'ensemble des deux ondulations superposées avait l'aspect de huits couchés : ∞.

» Ce double mouvement nous a été certifié aussitôt après la totalité par deux gardes civils espagnols qui se trouvaient dans notre voisinage immédiat.

» Nous ajouterons que, durant toute l'éclipse, la direction du vent n'a pas varié, sensiblement est-sud-est et de force modérée. »

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Sur les intégrales uniformes du problème des n corps.* Note de M. **Paul Painlevé**, présentée par M. Poincaré.

« On sait que M. Bruns a démontré que le problème des n corps n'admet pas (en dehors des intégrales classiques) d'intégrale algébrique.

M. Poincaré a démontré qu'il n'existe pas davantage d'intégrale analytique *uniforme dans tout le domaine réel des variables.*

» Au lieu d'intégrales algébriques (ou uniformes) par rapport à toutes les variables (coordonnées et vitesses), il est loisible de considérer les intégrales algébriques (ou uniformes) par rapport *aux vitesses*, et renfermant *les coordonnées* d'une façon quelconque. L'intérêt de ces intégrales apparaît aussitôt, si l'on remarque que leur propriété se conserve quand on rapporte la position du système à $3n$ coordonnées $q_1, \ldots, q_{3n}$ entièrement quelconques ([1]).

» J'ai déjà étendu le théorème de M. Bruns en établissant qu'*il n'existe pas* (*en dehors des intégrales classiques*) *d'intégrale* (*ni même d'équation intégrale*) *algébrique par rapport aux vitesses*. Je me propose ici d'étendre de la même manière le théorème de M. Poincaré.

» Pour étendre le théorème de M. Bruns, je me suis appuyé sur un théorème général que j'ai démontré pour un système différentiel quelconque, et qui, dans le cas du problème des n corps, s'énonce ainsi :

» *Toute intégrale rationnelle par rapport aux vitesses n'admet, dans le domaine des x_i, y_i, z_i, aucune singularité* (*non polaire*) *en dehors des valeurs qui vérifient les égalités*

$$(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2 + (z_i - z_j)^2 = 0, \qquad (i, j = 1, 2, \ldots, n).$$

» Pour étendre le théorème de M. Poincaré, je m'appuierai sur un théorème analogue que j'ai déjà publié pour un système quelconque, et qui, dans le cas du problème des n corps s'énonce ainsi :

» *Toute intégrale uniforme dans le domaine réel par rapport aux vitesses n'admet, dans le domaine réel des x_i, y_i, z_i, aucune singularité critique, en dehors des valeurs qui vérifient les égalités*

$$x_i = x_j, \qquad y_i = y_j, \qquad z_i = z_j \qquad (i, j = 1, 2, \ldots, n).$$

» Il suit de là aussitôt ([2]) que si une intégrale est uniforme (dans le domaine réel) par rapport aux vitesses, elle est aussi uniforme (dans le domaine réel) par rapport aux coordonnées. On est ramené ainsi au théorème de M. Poincaré.

([1]) Ces paramètres peuvent être des fonctions transcendantes des $3n$ coordonnées cartésiennes x_i, y_i, z_i.

([2]) Le cas du mouvement *plan* exige une discussion spéciale, qui ne présente pas d'ailleurs de difficulté.

» *Il n'existe donc pas (en dehors des intégrales classiques) d'intégrale analytique uniforme, dans le domaine réel, par rapport aux vitesses.*

» Insistons toutefois sur une différence qui sépare les propositions de M. Bruns et de M. Poincaré : l'extension du théorème de M. Bruns suppose seulement que *trois* des masses au moins ne soient pas *nulles;* l'extension du théorème de M. Poincaré n'est faite que pour des valeurs *arbitraires* données aux masses, mais pourrait être en défaut pour des valeurs exceptionnelles des masses. »

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Sur la théorie générale des congruences rectilignes*. Note de M. A. **Demoulin**.

« Soient (S_1) et (S_2) les deux nappes de la surface focale d'une congruence rectiligne; F_1 et F_2 les points focaux d'une droite quelconque de la congruence; V l'angle des plans focaux; R_1, R'_1 les rayons de courbure principaux de (S_1) en F_1; R_2, R'_2 les rayons de courbure principaux de (S_2) en F_2. Appelons (c_1) et (c_2) les arêtes de rebroussement des développables de la congruence qui se coupent suivant F_1F_2, et soient b_1 et b_2 les rayons de torsion de ces courbes en F_1 et F_2. Cela posé, on a la relation

$$\text{(A)} \qquad \frac{R_1 R'_1 R_2 R'_2 \sin^4 V}{\overline{F_1 F_2}^4} = \frac{b_1 b_2 \sin^2 V}{\overline{F_1 F_2}^2}.$$

» Le premier membre de cette égalité (nous le désignerons par la lettre W) est un invariant de la congruence pour le groupe projectif. Ce théorème est dû à M. Waelsch qui l'a établi en montrant que W est le rapport anharmonique de deux compléments linéaires associés à la droite F_1F_2 et dont il a introduit la considération dans la théorie des congruences rectilignes (voir *Comptes rendus*, séance du 2 avril 1894).

» Nous allons faire connaître deux autres expressions de l'invariant W.

» Supposons qu'on ait exprimé les coordonnées des deux surfaces (S_1) et (S_2) au moyen de deux paramètres u et v tels que les courbes analogues à (c_1) et (c_2) aient respectivement pour équation $v =$ const., $u =$ const. A une valeur donnée du rapport $\frac{dv}{du}$ correspondent deux tangentes F_1 et F_2 et les rayons de courbure r_1, r_2 des sections normales correspondantes

sont donnés par les formules

$$\frac{ds_1^2}{r_1} = L_1\, du^2 + N_1\, dv^2, \qquad \frac{ds_2^2}{r_2} = L_2\, du^2 + N_2\, dv^2,$$

ds_1 et ds_2 désignant les éléments linéaires de (S_1) et de (S_2).

» Les notations étant ainsi fixées, on a

$$b_1 = \pm \frac{F_1 F_2}{\sin V} \frac{L_1}{L_2},$$
$$b_2 = \pm \frac{F_1 F_2}{\sin V} \frac{N_2}{N_1}.$$

» En multipliant ces égalités membre à membre, on trouve une nouvelle valeur de W_1, savoir :

$$\text{(B)} \qquad W = \frac{L_1 N_2}{L_2 N_1}.$$

» Si les asymptotiques se correspondent sur les deux nappes de la surface focale, $\frac{L_1}{L_2} = \frac{N_1}{N_2}$, par suite $W = 1$ et réciproquement. C'est là un théorème de Ribaucour et sa réciproque, due à M. Cosserat.

» Si les asymptotiques de l'une des nappes correspondent à un système conjugué tracé sur l'autre, $L_1 N_2 + L_2 N_1 = 0$, par suite $W = -1$ et réciproquement, théorème dû à M. Waelsch.

» Si l'on veut que les asymptotiques de (S_1) correspondent aux *lignes de courbure* de (S_2), il faudra, en outre, et il sera suffisant que $F_1 F_2$ soit dirigée suivant un des diamètres conjugués égaux de l'indicatrice de (S_2) en F_2.

» En interprétant géométriquement le second membre de la relation (B), on peut exprimer l'invariant W au moyen du *carré* d'un certain rapport anharmonique.

» Considérons, en l'un des points focaux, en F_1, par exemple, les quatre tangentes suivantes à la nappe (S_1) : 1° la droite $F_1 F_2$; 2° la tangente conjuguée; 3° une des tangentes asymptotiques de (S_1) en F_1; 4° la tangente de (S_1) qui correspond à une des tangentes asymptotiques de (S_2) en F_2. Si l'on désigne ces quatre tangentes respectivement par les lettres d, t, a_1, a'_2, on aura

$$W = (a_1, a'_2, d, t)^2.$$

» La définition de ces quatre droites étant évidemment projective, la

formule ci-dessus permet de conclure de nouveau que W est un invariant projectif. Cette propriété résulte également du théorème suivant, indépendant de la théorie des congruences :

» *Soient* F_1, F_2 *deux points pris sur deux courbes* (C_1), (C_2) *et tels que le plan osculateur en chacun de ces points passe par l'autre. Soient* V *l'angle des deux plans osculateurs, et* b_1, b_2 *les rayons de torsion des courbes* (C_1), (C_2) *en* F_1, F_2. *La quantité*

$$\frac{b_1 b_2 \sin^2 V}{\overline{F_1 F_2}^2}$$

est un invariant projectif.

» Indiquons, en terminant, une propriété caractéristique d'une classe de congruences parmi lesquelles se trouve celle qui est formée des normales d'une surface de Weingarten.

» *Pour que les trajectoires orthogonales des arêtes de rebroussement des développables se correspondent sur les deux nappes de la surface focale, il faut et il suffit que l'on ait*

$$T_1 T_2 \sin^2 V = \overline{F_1 F_2}^2,$$

T_1 *et* T_2 *désignant les rayons de torsion géodésique des courbes* (C_1) *et* (C_2) *en* F_1 *et* F_2.

» On déduit de là les deux théorèmes suivants qui généralisent des propriétés connues des surfaces de Weingarten :

» *Lorsque l'angle des plans focaux est constant et que les trajectoires orthogonales des arêtes de rebroussement des développables se correspondent, les lignes asymptotiques se correspondent également.*

» *Lorsque l'angle des plans focaux est constant et que les asymptotiques se correspondent, il en est de même des trajectoires orthogonales des arêtes de rebroussement des développables.* »

PHYSIQUE. — *Sur la dilatation de la silice fondue.* Note de M. **H. Le Chatelier**, présentée par M. Carnot.

» Au cours de mes recherches [1] sur les mesures de dilatation aux températures élevées, j'ai eu l'occasion d'étudier les différentes variétés de silice. Dans l'état cristallisé, elles présentent toutes des anomalies très

[1] *Comptes rendus*, t. CXI, p. 123; 1890.

curieuses; la silice amorphe seule possède une dilatation à peu près régulière et relativement faible. Il subsistait cependant une assez grande incertitude sur l'état réel de la silice employée. Nos expériences avaient porté sur des briquettes de sable quartzeux aggloméré avec 2 pour 100 de chaux et chauffé à 1650° pour faire passer le quartz à l'état amorphe; mais il m'avait été impossible d'établir d'une façon certaine que l'état cristallisé avait totalement disparu.

» J'ai pu, grâce à l'obligeance de M. Moissan, reprendre l'étude de cette question sur de la silice fondue, préparée au four électrique. Les mesures ont été faites par la méthode que j'ai étudiée avec M. Coupeau à l'occasion de ses recherches sur les pâtes céramiques [1]. Cette méthode consiste à déterminer la différence d'allongement entre deux prismes de même longueur, l'un de la matière étudiée et l'autre de porcelaine, la dilatation de ce dernier ayant, au préalable, été obtenue par une mesure directe. Les expériences ont porté sur des prismes de 50^{mm} de longueur et 10^{mm} de côté.

» Les résultats des mesures, exprimés en millimètres et rapportés à une longueur de 100^{mm}, ont été les suivants :

Températures....	180°	532°	588°	700°	750°	850°	942°
Allongements....	$0^{mm},005$	$0^{mm},038$	$0^{mm},050$	$0^{mm},075$	$0^{mm},090$	$0^{mm},080$	$0^{mm},070$

» Cela correspond entre 0° et 1000° à un coefficient moyen de dilatation de 0,0000007. Celui de mes anciennes expériences était notablement plus fort; la transformation du quartz en silice amorphe n'avait donc pas été complète.

» La silice fondue serait actuellement de tous les corps communs celui qui a de beaucoup la dilatation la plus faible. Elle doit, pour ce motif, pouvoir résister sans rupture à des changements très brusques de température.

» Le quartz ne fond qu'à une température très élevée, supérieure à celle du platine. On abaisse son point de fusion par l'addition de petites quantités d'aluminium. Le mélange le plus faible de ces deux corps répond comme on le sait à la composition

$$10SiO^2.Al^2O^3,$$

fond à 100° environ plus bas que le platine. En ajoutant à ce mélange

---

[1] *Bulletin de la Société d'Encouragement*, 5e série, t. III, p. 1274; 1898.

des bases alcalines et alcalino-terreuses, on abaisse encore le point de fusion, qui descend à 1400° dans les couvertes de porcelaine. Mais en même temps la dilatation se relève.

» J'ai cherché si pour l'emploi de la lithine on ne pourrait pas réunir à une fusibilité suffisante une très faible dilatation. Avec le mélange

$$10SiO^2.Al^2O^3.2Li^2O$$

cuit à 1200° j'ai obtenu les résultats suirants :

t.	200°.	500°.	700°.	800°.	860°.
Allongements......	$0^{mm},01$	$0^{mm},035$	$0^{mm},05$	$0^{mm},09$	$0^{mm},15$

» Ce mélange aurait donc une dilatation peu supérieure à celle de la silice fondue.

» Mais les résultats obtenus n'ont pas été très réguliers. Les faibles dilatations ont été obtenues dans des conditions particulières de cuisson indéterminées. Dans d'autres circonstances les dilatations ont été plus élevées. Ces écarts peuvent tenir à des volatilisations de quantités inégales de lithine ou à une recristallisation partielle de la silice. »

CHIMIE MINÉRALE. — *Action des oxydants sur les iodures alcalins.* Note de M. E. **Péchard** (1), présentée par M. Troost.

« On sait qu'un grand nombre d'oxydants décomposent les iodures alcalins avec mise en liberté d'iode. L'iodure de potassium amidonné bleuit, en effet, en présence de l'ozone, de l'eau oxygénée, de l'acide azotique, etc. Avec les oxydants neutres, la dissolution de l'iodure devient alcaline, et l'on admet généralement que l'oxydation a transformé l'iodure en iode et potasse libres. Mais la présence de periodate dans la liqueur oxydée me porte à croire que cette oxydation doit, dans certains cas, être interprétée d'une façon différente.

» J'ai déjà montré (2) que le periodate de sodium IO^4Na est un oxydant énergique, capable de réagir sur les iodures alcalins. J'étudierai d'abord cette réaction, qui me permettra d'expliquer d'autres phénomènes analogues d'oxydation de ces sels.

---

(1) Travail fait au laboratoire de Chimie de l'École Normale supérieure.

(2) *Comptes rendus*, t. CXXVIII, p. 1101.

» Une dissolution de periodate monosodique décompose à froid l'iodure de sodium; de l'iode est mis en liberté et la liqueur devient alcaline au tournesol. La dissolution ainsi obtenue contient de l'iode, de l'iodate de sodium, du periodate disodique alcalin au tournesol et l'excès de l'iodure employé. La proportion de ces sels correspond à la formule :

$$(1)\qquad 3IO^4Na + 2NaI + 3H^2O = IO^3Na + 2IO^6Na^2H^3 + 2I.$$

» Cette réaction n'est pas instantanée et l'on peut vérifier que la mise en liberté de l'iode n'est complète qu'au bout d'une heure environ en décolorant par de l'hyposulfite de sodium la liqueur amidonnée.

» Pour déterminer la composition de ce mélange, j'ai dosé l'iode libre avec une dissolution titrée d'hyposulfite de sodium. En acidulant ensuite la liqueur avec de l'acide chlorhydrique, une nouvelle quantité d'iode est mise en liberté et dosée; elle provient de l'action de l'iodate et du periodate sur l'iodure en liqueur acide. Sur une autre partie de la liqueur privée d'iode libre, je détermine la proportion de periodate disodique par la méthode que j'ai déjà employée du permanganate de potassium en liqueur alcaline de pyrophosphate de sodium.

» Cette méthode d'analyse ([1]), imaginée par M. Job, doit être modifiée par suite de la présence de l'iodure de potassium. On sait, en effet, que le permanganate transforme les iodures alcalins en iodates avec mise en liberté d'oxydes de manganèse. En liqueur alcaline le permanganate se transforme complètement en manganate, si la proportion d'alcali est suffisante. En présence des iodures alcalins, cette méthode donne donc des résultats inexacts par suite de la production du manganate. J'ai tourné la difficulté en employant comme liqueur oxydante une dissolution titrée de manganate de potassium obtenue en mélangeant de l'iodure de potassium à une dissolution alcaline de permanganate. Cette dissolution doit être employée au moment même; au bout de quelques heures elle laisse déposer des oxydes de manganèse. J'ai vérifié qu'une molécule de manganate peut fixer sur le sulfate ferreux une molécule d'oxygène.

» Dans le Tableau suivant, j'indique les résultats des analyses en mesurant les quantités d'iode trouvées par des volumes correspondants d'une dissolution titrée d'hyposulfite de sodium ($0^{m},098$ au litre).

([1]) *Comptes rendus*, t. CXXVIII, p. 1453.

» Ces résultats portent sur 10^cc d'une dissolution de periodate IO^4Na contenant une quantité d'iode qui correspond à 15^cc,8 d'hyposulfite.

	I.	II.	III.
	cc	cc	cc
Iode (1) mis en liberté par NaI.......	10,5	10,8	10,8
Iode (2) mis en liberté par HCl......	115,3	116	116
Iode (3) du periodate disodique......	10	11	10,5

» Ces nombres correspondent bien à la formule (1). Si l'on abandonne à l'abri de l'acide carbonique de l'air un mélange de periodate et d'iodure de sodium, l'alcalinité de la liqueur diminue et finit par disparaître ; l'iode, en effet, réagit à froid lentement sur le periodate disodique suivant la formule :

$$(2) \qquad 2IO^6Na^2H^3 + 2I = 3IO^3Na + NaI + 3H^2O.$$

» *Action de l'ozone sur l'iodure de potassium.* — On représente généralement l'oxydation de l'iodure de potassium par l'ozone au moyen de la formule

$$O^3 + 2KI + H^2O = 2KOH + 2I + 2O,$$

bien que l'on sache également qu'il se produit des composés oxygénés de l'iode qui ne permettent de doser l'ozone par l'iodure de potassium qu'en liqueur acide.

» J'ai étudié la composition d'une dissolution d'iodure de potassium oxydée par des quantités variables d'ozone. Dans le Tableau suivant, qui résume les résultats de ces analyses, j'emploierai la même notation que dans le précédent :

	I.	II.	III.
	cc	cc	cc
Iode (1)...............	10,3	5,3	8
Iode (2)...............	115	59	87
Iode (3)...............	10,5	4,9	8,2

» Si l'on compare ces nombres à ceux du Tableau précédent, on voit que les proportions relatives des composants sont les mêmes. L'oxydation de l'iodure de potassium par l'ozone peut donc s'expliquer par la formation du periodate IO^4K qui oxyde l'iodure suivant la réaction (1) avec mise en liberté d'iode qui donne lieu lentement ensuite à la réaction (2).

» *Action de l'eau oxygénée sur l'iodure de potassium.* — Lorsqu'on verse de l'eau oxygénée légèrement acide dans une dissolution d'iodure de potassium, on observe les phénomènes suivants : de l'iode est mis en liberté,

la liqueur devient alcaline et il se dégage de l'oxygène. La liqueur étant abandonnée à l'abri de l'acide carbonique de l'air, l'alcalinité a disparu au bout d'une journée et la teinte de l'iode a diminué.

» On peut expliquer ces différents phénomènes en se reportant aux expériences précédentes. L'eau oxygénée acidulée oxyde l'iodure, et l'iode mis en liberté correspond à l'oxygène actif de l'eau oxygénée. La liqueur devenant neutre, l'oxydation continue suivant la réaction (1) et la liqueur devient alcaline, mais en même temps l'eau oxygénée se décompose assez rapidement en présence du periodate dipotassique, et, au bout d'un jour, la liqueur devient neutre par la réaction (2).

» Pour contrôler cette explication, j'ai déterminé : 1° l'oxygène provenant de la décomposition de l'eau oxygénée; 2° l'oxygène qui correspond à l'iode libre et à l'iodate formé dans la liqueur finale neutre. La somme des volumes gazeux ainsi trouvés est sensiblement égale au titre de l'eau oxygénée employée. »

CHIMIE. — *Étude de la viscosité du soufre aux températures supérieures à la température du maximum de viscosité* (¹). Note de M. C. Malus, présentée par M. Duclaux.

« La méthode employée dans cette étude est une méthode imaginée par M. Gernez et décrite par lui dans les *Annales de l'École Normale* (1884).

» Nous écrirons pour abréger :

S^1, *au lieu de* soufre maintenu dix minutes à 357°;
S^2, *au lieu de* soufre maintenu plus de trois heures à 357°;
τ', *au lieu de* durée du séjour du soufre dans le bain de surfusion;
Δ, *au lieu de* temps qu'exige la solidification en prismes d'une colonne de soufre surfondu de 1^{cm} de longueur.

» *Première expérience.* — S^1, porté en quelques secondes à 100°, a un Δ qui décroît lorsque τ' croît, d'abord très rapidement, puis lentement, et qui tend vers la limite $5^s,25$ qu'il atteint pour τ' = cinq à six heures, et qu'il conserve ensuite indéfiniment (τ' a atteint jusqu'à trente-cinq heures dans nos expériences).

» Cette variation de Δ est corrélative de la variation de viscosité; la viscosité dis-

---

(¹) Ce travail a été effectué au laboratoire de Physique théorique de la Faculté des Sciences de Bordeaux.

paraît graduellement à 100°. Après un séjour de plusieurs heures à 100°, S^1 est entièrement fluide (1).

» *Deuxième expérience.* — S^2, porté en quelques secondes à 100°, a un Δ invariable, indépendant de τ' et égal à $5^s,25$.

» Dès le début de son entrée à 100°, S^2 est parfaitement fluide.

» *Troisième expérience.* — S^1, refroidi lentement (en une heure et demie) de 357° à 100°, a un Δ qui décroît lentement et tend vers $5^s,25$. Cette limite, atteinte au bout de cinq à six heures de séjour à 100°, se maintient ensuite indéfiniment.

» *Quatrième expérience.* — S^2, porté à 100° en une heure et demie, a un Δ constant, indépendant de τ' et égal à $5^s,25$.

» *Cinquième expérience.* — S^1, porté en quelques secondes à 70°, puis dix secondes après à 100°, a un Δ qui éprouve les variations indiquées dans la première expérience. Seulement, pour une valeur donnée de τ', le Δ de cette cinquième expérience est plus grand que le Δ de la première expérience. Il tend d'ailleurs vers la même limite $5^s,25$ qu'il atteint pour τ' = cinq à six heures et qu'il conserve ensuite indéfiniment.

» *Sixième expérience.* — S^2, porté en quelques secondes dans un bain d'eau à 70° dont la température est ensuite élevée jusqu'à 100°, a, à cette température de 100°, dès qu'elle est atteinte, un Δ de $5^s,25$.

» *Septième expérience.* — On obtient du soufre mou en plongeant brusquement S^1 dans l'eau froide.

» *Huitième expérience.* — On obtient du soufre dur en plongeant brusquement S^2 dans l'eau froide.

» Résumé. — *Le Δ de* S^1, *à* 100°, *dépend de la vitesse et de la température de la trempe; il dépend en outre de* τ'; *il décroît lorsque* τ' *croît et tend vers la valeur* $5^s,25$ *qu'il atteint en cinq ou six heures et qu'il conserve ensuite indéfiniment.* S^1, *visqueux au début, est alors entièrement fluide. Ce Δ limite est le Δ qu'a, dès son entrée à* 100°, *le soufre* S^2, *qui est fluide dès le début, et dont le Δ est indépendant de la vitesse de la trempe, de la température de trempe et de* τ'.

» Les mêmes séries d'expériences ont été faites à 300°; il n'y a qu'à substituer, dans les énoncés précédents, la température 300° à la température 357° avec cette différence toutefois que trois heures ne suffisent plus pour faire passer le soufre de l'état S^1 à l'état S^2; il faut douze heures au moins. Le Δ limite de S^1 est encore égal au Δ de S^2 et égal à $5^s,25$ à 100°.

» A 448°, en quelques minutes le soufre passe de l'état S^1 à l'état S^2; le Δ de ce soufre est encore $5^s,25$ à 100°.

---

(1) Ceci est conforme à une expérience faite par Regnault et décrite par lui dans son Mémoire de 1841 : *Sur les chaleurs spécifiques des corps simples et des corps composés.*

» DISTINCTION ENTRE S^1 AYANT SÉJOURNÉ PLUSIEURS HEURES A 100° ET S^2. — Maintenons plusieurs heures à 100° du soufre S^1 et du soufre S^2; ces deux soufres sont fluides et ont même $\Delta = 5^s,25$.

» 1° Portons-les cinq minutes à 357°, puis en quelques secondes à 100° : à 100°, on constate que S^1 est visqueux, tandis que S^2 est fluide. τ' croissant de sept minutes à quatorze minutes, le Δ de S^1 décroît de $1^m 47^s$ à $0^m 48^s$; le Δ de S^2 est au contraire constant et égal à $5^s,25$;

» 2° Prenons deux autres échantillons de soufre, S^1, S^2, après quelques heures de séjour à 100° et portons-les cinq minutes à 183°, puis en quelques secondes à 100°.

» A 100° S^1 est visqueux, S^2 est fluide. Observé entre $\tau' = 6^m$ et $\tau' = 12^m$ le Δ de S^1 décroît de cinquante-neuf à trente-cinq secondes. Le Δ de S^2 est invariable et égal à $5^s,25$.

» *Ainsi, à* 100°, *comme à* 360°, *le soufre, par un séjour prolongé, redevient fluide; mais la cause capable de restituer la viscosité, éliminée du soufre qui a perdu sa viscosité à* 357°, *persiste dans le soufre qui a perdu sa viscosité à* 100°.

» Le soufre S^2 maintenu soit neuf heures à 215°, soit trente-trois heures à 185°, soit huit heures à 135°, conserve sa fluidité et un Δ invariable et égal à $5^s,25$.

» Même après un séjour de plusieures heures à 183°, S^2 donne par la trempe à l'eau froide du soufre dur et non du soufre mou.

» Dans une prochaine Communication je présenterai, si l'Académie veut bien le permettre, quelques expériences relatives à la cause de la viscosité du soufre. »

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur les séléniures de fer.* Note de M. **FONZES-DIACON**, présentée par M. H. Moissan.

« Les vapeurs de sélénium se combinent au fer à la température du rouge; le produit ainsi obtenu, fondu sous une couche de borax avec un excès de sélénium, a fourni à Little (¹) un séléniure de fer répondant à la formule $Fe^2 Se^3$.

» M. Fabre (²) a obtenu du séléniure ferreux à structure cristalline en

(¹) LITTLE, *Ann. der Chem. und Pharm.*, t. CXII, p. 211.
(²) FABRE, *Thèse de Doctorat;* 1886.

fondant, avec de la limaille de fer, le produit résultant de l'action des vapeurs de sélénium sur du fil de fer pur.

» J'ai pu observer, en effet, que le sélénium en se combinant au fer à haute température, donne toujours des combinaisons renfermant plus de sélénium que n'en comporte le formule Fe Se.

» *Séléniure ferreux.* — L'action des vapeurs de sélénium, même fortement diluées dans de l'azote, sur le fer porté au rouge, ne donne qu'un produit fondu sans apparence de cristallisation.

» L'hydrogène sélénié ne donne pas de meilleurs résultats, la transformation totale du fer du séléniure est fort longue.

» Les composés que l'on obtient ainsi renferment toujours un léger excès de sélénium que l'on peut, d'ailleurs, leur enlever en les portant au rouge blanc dans un courant d'hydrogène, celui-ci ne réduisant pas le séléniure ferreux.

» *Séléniure ferrique.* — L'hydrogène sélénié réagit au rouge sombre sur l'oxyde ferrique Fe^2O^3, en le transformant en séléniure ferrique Fe^2Se^3.

» Ce sesquiséléniure se présente sous l'aspect d'une poudre cristalline grise à reflets bleutés; l'examen microscopique ne permet pas de distinguer des formes bien nettes.

» *Séléniures de fer.* — Le perchlorure de fer anhydre ou le peroxyde de fer, chauffés daus un tube de porcelaine, au rouge blanc, se transforment, dans un courant d'hydrogène sélénié, en séléniures gris, agglomérés en masses présentant des teintes bleues ou violacées.

» Suivant que la température est plus ou moins élevée, on obtient des composés répondant aux formules Fe^3Se^4 ou Fe^7Se^8.

» Quelques échantillons ont une structure cristalline et semblent appartenir au système cubique, mais sans présenter de formes suffisamment nettes.

» *Biséléniure de fer.* — Ce dérivé, le plus sélénié du fer, se prépare en faisant réagir sur le perchlorure de fer anhydre, chauffé au-dessous du rouge sombre, de l'hydrogène sélénié entraîné par un courant d'azote.

» Le perchlorure, en partie volatilisé, se condense en lamelles dans les parties les moins chaudes du tube de verre dans lequel se fait l'opération; celles-ci se transforment lentement en séléniure de fer tout en conservant la même apparence lamelleuse nacrée; c'est un phénomène d'épigénie déjà signalé par M. Moissan dans la préparation du sulfure de chrome [1].

» Mais à l'analyse on trouve que ce séléniure répond à la formule $FeSe^2$, ce qui en fait un biséléniure de fer.

» Grillé dans un courant d'oxygène il se transforme en oxyde de fer rouge avec dégagement de SeO^2.

» *Sous-séléniure de fer.* — Les séléniures de nickel et de cobalt, chauffés au rouge blanc dans un courant d'hydrogène, perdent du sélénium en se transformant en sous-séléniures; il n'en est pas de même pour le fer. Les divers séléniures que nous avons

---

(1) Moissan, *Comptes rendus*, t. XC, p. 818.

obtenus, réduits par l'hydrogène dans un feu de coke, donnent tous le protoséléniure FeSe et la réduction ne va pas plus loin.

» J'ai essayé de préparer le composé Fe^2Se en portant du séléniure ferreux à la haute température d'un arc électrique de 50 volts et 900 ampères pendant trois, cinq, huit minutes.

» Les creusets renfermaient une masse fondue ayant l'aspect de séléniure de fer; ce séléniure recouvrait une masse métallique fondue, gris de fer, semi-ductile, ne se brisant que difficilement et présentant une cassure brillante, lamelleuse.

» La partie supérieure, la moins dense, renferme des globules métalliques nettement visibles à la loupe; sa teneur en sélénium varie suivant les échantillons prélevés, mais est toujours supérieure à $\frac{41,3}{100}$, quantité qu'exigerait la formule Fe^2Se; cette teneur se rapproche beaucoup plus de la valeur $\frac{58,5}{100}$ que comporte le séléniure ferreux FeSe.

» La fonte, qui constitue le culot inférieur, ne renferme que $\frac{2}{100}$ environ de sélénium.

» Une chauffe suffisamment prolongée dissocie complètement le séléniure ferreux en donnant une fonte ne renfermant que des traces de sélénium.

» Il ne se forme donc pas un sous-séléniure de fer dans la décomposition du séléniure ferreux à haute température.

» *Propriétés des séléniures de fer.* — Les séléniures de fer sont d'autant plus difficilement attaqués par l'acide chlorhydrique concentré ou gazeux qu'ils renferment plus de sélénium; $FeSe^2$ est inattaquable.

» L'acide azotique fumant les transforme en sélénites.

» Le chlore en déplace le sélénium assez facilement. Grillés dans un courant d'oxygène ils laissent un résidu d'oxyde rouge de fer et de l'anhydride sélénieux se sublime.

» L'hydrogène, à haute température, les ramène à l'état de séléniure ferreux.

» *Conclusions.* — J'ai préparé les composés $FeSe^2$, Fe^2Se^3, Fe^3Se^4, Fe^7Se^8, FeSe, correspondant aux dérivés sulfurés du fer.

» Je n'ai pu obtenir, par la réduction à haute température des séléniures de fer, le composé Fe^2Se, mais seulement un mélange de fonte et de FeSe. »

CHIMIE. — *Sur le poids atomique véritable du bore.*
Note de M. G. Hinrichs.

« La matière qui doit servir d'étalon pour les valeurs fondamentales de la Chimie, les poids atomiques, est le diamant; C = 12 exactement [voir : *Aperçu du système des poids atomiques de précision, fondé sur le diamant*

comme matière étalon (*Comptes rendus*, t. CXVII, p. 1074-1078; 1893)].

» Les carbures cristallisés produits par M. Moissan m'ont suggéré toute une série de déterminations directes de précision (voir : *True atomic weights*, p. 175-176, Saint-Louis; 1896).

» M. Henry Gautier vient de faire les deux premières déterminations de cet ordre, dans le laboratoire de M. Moissan (*Comptes rendus*, t. CXXIX, p. 595-598).

» Dans la première détermination, $268^{mgr},6$ de borure de carbone lui ont donné $151^{mgr},5$ de bioxyde de carbone; dans la deuxième détermination, $326^{mgr},8$ de borure lui donnèrent $184^{mgr},4$ de bioxyde.

» Pour ne point introduire d'erreurs par le calcul ou par l'usage de données auxiliaires qui pourraient être inexactes, il convient de procéder suivant la *Méthode générale pour le calcul des poids atomiques*, insérée dans les *Comptes rendus*, t. CXVI, p. 695-698; 1893.

» Le poids atomique *commun* du bore étant 11, l'unité de poids de borure ($Bo^6C = 78$) doit donner 0,56410 de bioxyde ($CO^2 = 44$).

» D'après cela, dans la première détermination, les $268^{mgr},6$ de borure devraient fournir $151^{mgr},52$ de bioxyde, c'est-à-dire $0^{mgr},02$ de plus que la valeur trouvée par M. Gautier.

» Dans la deuxième détermination, les $326^{mgr},8$ de borure devraient donner $184^{mgr},34$ de bioxyde ou $0^{mgr},06$ de moins que la valeur trouvée par M. Gautier.

» Comme ces écarts minimes sont entièrement au-dessous de la limite des pesées, il résulte des déterminations de M. Henry Gautier que le poids atomique commun du bore est aussi son poids atomique véritable (voir t. CXVI, p. 695).

» L'application de ma méthode générale de calcul nous donne une juste appréciation de l'excellence du travail de laboratoire fait par M. Henry Gautier; en outre, nous avions raison d'avoir confiance en la haute valeur des carbures cristallisés de M. Moissan pour la détermination directe des poids atomiques au moyen du carbone.

» M. Gautier a fait aussi plusieurs déterminations sur le sulfure, le chlorure et le bromure de bore. Par la méthode des moyennes et l'usage des valeurs allemandes pour les éléments auxiliaires, il obtient autant de valeurs pour le poids atomique du bore, et finalement adopte le nombre 11,016 (*loc. cit.*, p. 681).

» Appliquant notre méthode générale aux données des expériences de

M. Gautier, nous trouvons la moyenne 11,004, indiquant bien que la valeur véritable doit être 11 exactement.

» Accessoirement, le travail de laboratoire de M. Gautier, dans cette réduction directe et sans hypothèse, démontre que les données allemandes employées dans les calculs de M. Gautier offrent quelques erreurs. Nous y reviendrons. »

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action des acides sulfureux et sulfhydrique sur la pyridine* (1). Note de M. G. André.

« J'ai décrit, il y a quelque temps (*Comptes rendus*, t. CXXV, p. 1187 et t. CXXVI, p. 1105), un certain nombre de combinaisons de la pyridine avec les acides formique, acétique et propionique. J'ai continué cette étude en m'adressant au gaz sulfureux et je suis arrivé, par combinaison directe de ce gaz avec le gaz sulfhydrique, en présence soit de pyridine seule, soit d'un mélange d'eau et de pyridine, à préparer des composés très bien cristallisés, dont je vais donner la description.

» I. Si l'on sature de la pyridine sèche par un courant de gaz sulfureux sec, le liquide jaunit fortement et dépose, soit spontanément, soit après exposition sous cloche sur de la potasse caustique, de très belles lamelles jaunes, très déliquescentes, difficiles à manier à cause de leur facile décomposition. Leur analyse est assez délicate et, après plusieurs tâtonnements exécutés en vue de débarrasser rapidement les cristaux de leur eau mère et de les introduire aussi vite que possible dans les vases destinés à leur analyse, j'ai obtenu des chiffres qui concordent avec la formule $C^5H^5Az.SO^2$ (2). Il est possible qu'il existe au moins un autre composé d'addition de formule différente, mais je n'ai pu l'isoler dans un état suffisant de pureté.

» II. Si l'on met du zinc pur au contact de la pyridine saturée de gaz sulfureux, on voit, au bout de quelques jours, le métal se recouvrir d'un enduit blanc, épais, peu soluble dans l'eau. Cet enduit se dissout facilement dans l'acide chlorhydrique en dégageant SO^2 avec formation d'un dépôt de soufre. Sa composition est variable. Il contient du soufre, du zinc, de l'oxygène et de la pyridine, et je n'ai pu le purifier.

» Pour isoler cet enduit blanc du zinc métallique non attaqué, j'ai traité la masse par l'eau bouillante qui en dissout très peu. La matière blanche mise ensuite en suspension dans l'eau froide a été traitée par un courant prolongé d'hydrogène sulfuré : on filtre, on abandonne le liquide dans le vide sec et il se dépose peu à peu une masse

(1) Laboratoire du Collège de France.

(2) Calculé pour $C^5H^5Az.SO^2$: $C = 41,95$; $H = 3,49$; $Az = 9,79$; $S = 22,37$. Trouvé : $C = 41,92$; $H = 4,04$; $Az = 9,80$-$9,34$; $S = 22,70$-$21,95$ pour 100.

cristalline, gommeuse, jaunâtre. On reprend cette masse par un peu d'eau froide, on filtre pour enlever le soufre et l'on fait cristalliser de nouveau dans le vide. Finalement on obtient des cristaux peu nets, à odeur de pyridine et qui semblent répondre à la formule d'un trithionate de pyridine : $(C^5H^5Az)^2S^3O^6H^2$ (1).

» III. J'ai préparé facilement des combinaisons, bien définies et très bien cristallisées, de pyridine avec les acides tri- et tétrathioniques en opérant comme il suit. Je sature 200gr de pyridine sèche par un courant de SO^2 sec, en refroidissant le flacon, puis, sitôt la saturation achevée, je fais passer à refus dans le liquide un courant de H^2S sec. Le liquide, jaune clair après le passage de SO^2, devient alors jaune foncé et il se dépose un peu de soufre à mesure que le gaz H^2S se dissout. Puis la masse pâlit, devient sirupeuse et finalement presque solide. Cette masse est reprise par 500cc environ d'alcool absolu ou d'alcool à 95° en chauffant au bain-marie. Après dissolution, on filtre et le liquide, pendant le refroidissement, se sépare en deux couches. Dans la couche supérieure se déposent de très belles lamelles blanches, déliquescentes (2). La couche inférieure se prend en une masse cristalline. Il suffit de reprendre celle-ci par de l'alcool à 95° quatre ou cinq fois pour obtenir, après séparation chaque fois d'un peu de soufre, les mêmes lamelles blanches que celles fournies par la couche supérieure. Ces lamelles sont rapidement séchées sur du papier, puis, finalement, dans le vide sec. Leur analyse répond à la formule $(C^5H^5Az)^2S^4O^6H^2$ (3) et elles semblent prendre naissance d'après l'équation :

$$2C^5H^5Az + 3SO^2 + H^2S = (C^5H^5Az)^2S^4O^6H^2.$$

» L'eau mère alcoolique des cristaux dépose souvent, après plusieurs jours, de volumineux cristaux blancs de même formule que les précédents.

» On arrive au même résultat en opérant comme ci-dessus, mais en mélangeant au préalable la pyridine avec son volume d'alcool absolu. Le liquide qui résulte de la double action des gaz sulfureux et sulfhydrique est visqueux, mais il peut être filtré. Évaporé dans le vide sur de l'acide sulfurique, il fournit un magma cristallin jaune qui, redissous dans l'alcool absolu, fournit, après plusieurs cristallisations dans ce solvant de très beaux prismes de même formule que celle que je viens de donner (4).

---

(1) Calculé pour $(C^5H^5Az)^2S^3O^6H^2$: C = 34,09; H = 3,40; Az = 7,95; S = 27,27.
Trouvé : C = 33,56-33,69; H = 3,69-3,87; S = 27,57-27,34 pour 100.

(2) M. Wyrouboff a eu l'extrême obligeance de me communiquer les renseignements suivants. Ces lamelles appartiennent au système quadratique. 1 : 0,9501; faces :

$$p(001)\,b^{\frac{1}{2}}(111),\quad pb^{\frac{1}{2}}(001.111) = 126°40'.$$

Uniaxe, négatif, assez biréfringent.

(3) *Analyse :* Calculé pour $(C^5H^5Az)^2S^4O^6H^2$: C = 31,25; H = 3,12; Az = 7,29; S = 33,33.

Trouvé : C = 30,99; 31,46; 31,12; H = 3,26; 2,96; 3,28; Az = 7,21; S = 33,73, 33,34; 33,57; 33,61 pour 100.

(4) Trouvé : C = 31,36; H = 3,26; S = 32,89 pour 100.

» Ce tétrathionate de pyridine se dissout dans l'eau et l'alcool, il fond aux environs de 135° en donnant d'abord un liquide limpide qui jaunit promptement et se décompose avec dégagement de SO^2.

» J'ai traité les cristaux par la quantité de potasse étendue et bien refroidie nécessaire pour mettre en liberté la pyridine et j'ai exposé la solution dans le vide sur l'acide sulfurique. Je n'ai obtenu dans ces conditions que des cristaux de trithionate de potassium, avec traces de soufre, bien que j'aie toujours essayé d'éviter par un énergique refroidissement toute élévation de température au moment du contact du corps cristallisé avec la solution de potasse.

» IV. J'ai obtenu un trithionate de pyridine en mélangeant 100gr de pyridine avec 100gr d'eau, puis saturant, comme plus haut, d'abord par SO^2 puis par H^2S. Il se produit, pendant le passage du second gaz, un volumineux précipité de soufre et le liquide devient visqueux. On le filtre et on l'expose dans le vide. Au bout d'une quinzaine d'heures, il se prend en masse cristalline. On traite alors celle-ci plusieurs fois par de l'eau tiède pour enlever complètement le soufre, on expose de nouveau dans le vide et l'on obtient finalement de magnifiques cristaux transparents, déliquescents, répondant à la formule

$$(C^5H^5Az)^2S^3O^6H^2 \text{ (1)}.$$

L'acide trithionique a pu prendre naissance conformément à l'équation

$$8SO^2 + H^2S + 2H^2O = 3S^3O^6H^2.$$

Ce trithionate est soluble dans l'eau et l'alcool; il fond vers 105° avec décomposition et dégagement de SO^2.

» Je continue ces recherches. »

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les acides αβ-diméthylglutolactoniques* (2). Note de M. **E.-E. Blaise**, présentée par M. Troost.

« En 1896, j'avais entrepris l'étude des acides αβ-diméthylglutariques lorsque parut une Note de M. Montemartini sur le même sujet (3). Ce savant ayant droit de priorité, j'interrompis mes recherches; mais M. Mon-

---

(1) *Analyse :* Calculé pour $(C^5H^5Az)^2S^3O^6H^2$: C = 34,09; H = 3,40; Az = 7,95; S = 27,27. — Trouvé : C = 33,66; 33,55; 34,03; H = 3,55; 3,58; 3,57; Az = 8,02; S = 27,69; 27,36; 27,56 pour 100.

Ce trithionate est clinorhombique ou triclinique. On voit deux axes moyennement écartés avec dispersion croisée très nette (Wyrouboff).

(2) Faculté des Sciences de Lille.

(3) *Gazzetta ch. it.*, 2e série, t. XXVI, p. 259. — *Berichte*, 2e série, t. XXIX, p. 2058.

temartini n'ayant publié aucun nouveau Mémoire sur ces acides depuis quatre ans, et les résultats qu'il a obtenus étant évidemment incomplets, je crois pouvoir reprendre mes recherches.

» M. Montemartini ne mentionne pas qu'il peut exister plusieurs acides αβ-diméthylglutariques et les corps qu'il a obtenus sont tous liquides. Il considère comme constituant l'acide (?) αβ-diméthylglutarique un composé huileux qu'il a obtenu en réduisant par l'acide iodhydrique un acide diméthylglutolactonique qu'il n'a pas isolé. Ce composé huileux est évidemment un mélange; et, en effet, M. Montemartini en a isolé successivement les acides glutarique et α-méthylglutarique. Mais le résidu de cette séparation ne saurait être considéré comme un acide αβ-diméthylglutarique pur, bien que l'auteur ait cru pouvoir l'identifier, par des méthodes qu'il n'indique pas, avec un autre acide liquide résultant de la condensation anormale du méthylmalonate d'éthyle sodé avec l'éther γ-bromobutyrique.

» Cette première Note est relative aux acides αβ-diméthylglutolactoniques

$$\begin{array}{l} CH^3 - C - CO^2H \\ CH^3 - CH \quad\; O \\ \qquad\;\; CH^2 - CO \end{array}$$

qui servent de point de départ pour la synthèse des acides diméthylglutariques correspondants. On voit que la formule précédente renferme deux atomes de carbone asymétriques; comme, d'ailleurs, la molécule est dissymétrique, il peut exister deux acides αβ-diméthylglutolactoniques racémiques, dédoublables chacun en deux énantiomorphes.

» La synthèse doit donc conduire à deux acides racémiques transformables l'un dans l'autre. Ces conclusions s'appliquent intégralement aux acides αβ-diméthylglutariques.

» La matière première dont je suis parti pour obtenir les acides lactoniques est l'acide β-méthyllévulique

$$CH^3 - CO - CH(CH^3) - CH^2 - CO^2H.$$

» Cet acide s'obtient en saponifiant par l'acide chlorhydrique l'éther αα-méthylacétylsuccinique. Mais, comme je l'indiquerai dans un Mémoire plus développé qui paraîtra au *Bulletin de la Société chimique*, la méthode employée jusqu'ici pour la préparation de cet éther est défectueuse; elle conduit à un éther et, par suite, à un acide lévulique impur modifié; elle fournit au contraire un acide cétonique très pur.

» L'acide β-méthyllévulique fournit assez difficilement une semi-carbazone qui plongée dans l'acide sulfurique chauffé à 197° fond instantanément en se décomposant. Lorsqu'on cherche à favoriser la formation de la semi-carbazone par un chauffage prolongé, on obtient un nouveau corps résultant de sa décomposition et qui n'est autre que l'acide

$$CO^2H - CH^2 - (CH^3)CH \overset{CH^3}{\diagdown} C = Az - Az = C \overset{CH^3}{\diagup} \diagdown CH(CH^3) - CH^2 - CO^2H.$$

» La transformation de l'acide β-méthylévulique en acides αβ-diméthylglutolactoniques s'obtient par condensation de cet acide avec l'acide cyanhydrique. Il se forme aussi un mélange des nitriles lactoniques isomères

$$\begin{array}{l} CH^3 - C - CAz \\ CH^3 - CH \quad\; O \\ \quad\;\; CH^2 - CO \end{array}$$

mélange liquide bouillant à 144°-150° sous 25^{mm} et qu'on hydrate ensuite au moyen de l'acide chlorhydrique concentré. Le produit de l'hydratation est un liquide qui abandonne peu à peu des cristaux et finit par se prendre en une masse pâteuse. Les cristaux, séparés par essorage, sont purifiés par cristallisation dans le benzène, en présence d'alcool absolu.

» Le corps ainsi obtenu constitue l'acide trans-αβ-diméthylglutolactonique. Une série de cristallisations fractionnées et alternatives dans le benzène et le chloroforme ne modifient pas son point de fusion. Il se dépose d'ailleurs dans l'eau en cristaux énormes qui retiennent une grande quantité d'eau d'interposition; mais, pulvérisés et séchés à l'air, ces cristaux se déshydratent complètement. L'acide trans fond à 142°; il est facilement soluble dans l'eau; très peu soluble dans le benzène froid, plus soluble dans le chloroforme. Il fournit un sel de plomb cristallisant en aiguilles blanches, anhydre, et fondant à 212°-214°.

» Le liquide d'où l'on a séparé l'acide trans renferme le stéréoisomère cis. Pour isoler celui-ci, on transforme l'acide en sel de plomb au moyen du carbonate de plomb, puis on soumet ce sel à une série de cristallisations fractionnées. On obtient ainsi un sel bien cristallisé et qui diffère nettement de son isomère en ce qu'il renferme une molécule d'eau; il est plus soluble dans l'eau que le sel de l'acide cis et fond dans son eau de cristallisation à 140°-145°; anhydre, il fond à 181°-183°. L'acide cis s'obtient en

décomposant ce sel par l'hydrogène sulfuré; c'est un liquide incolore qui bout à 193°-195° sous 15^{mm} sans décomposition sensible.

» Restait à démontrer la nature de l'isomérie des acides cis et trans en les transformant l'un dans l'autre. Je suis arrivé à ce résultat en chauffant l'acide liquide avec de la quinoléine et de l'eau à 180° pendant six heures. L'acide régénéré se prend en une masse cristalline pâteuse qu'on essore. Les cristaux, isolés et purifiés, fondent à 142° comme ceux de l'acide trans; ils fournissent en outre le même sel de plomb, cristallisant anhydre et fusible à 212°-214°.

» La synthèse vérifie donc l'existence des deux racémiques prévus par la théorie. Il en sera vraisemblablement de même pour les acides αβ-diméthylglutariques, dont j'ai déjà obtenu l'un à l'état cristallin. »

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur l'hydrate de carbone de réserve de la graine de* Trifolium repens (¹). Note de M. **H. Hérissey**, présentée par M. Guignard.

« A la suite de recherches sur les albumens de plusieurs graines de Légumineuses, nous avons montré, M. Bourquelot et moi, que les hydrates de carbone de réserve, qui entrent dans la composition des albumens étudiés, sont constitués, au moins pour la plus grande portion de la masse, par des *mannogalactanes,* c'est-à-dire par des substances donnant à l'hydrolyse du mannose et du galactose; nous avons établi, en outre, que la digestion de ces hydrates de carbone de réserve se fait sous l'influence d'un ferment soluble que nous avons appelé *séminase* (²). Les recherches que j'ai effectuées sur la graine de *Trifolium repens* permettent d'étendre les conclusions relatives aux résultats qui viennent d'être mentionnés.

» J'ai suivi dans cette étude une marche analogue à celle qui a été précédemment indiquée dans notre Note relative aux hydrates de carbone de réserve des graines de Luzerne et de Fenugrec. En effet, les graines de *Trifolium repens* sont extrêmement petites et il ne faut pas songer à en isoler l'albumen, au moins pour des recherches chimiques nécessitant une certaine quantité de produit. Le traitement de la graine par l'eau donne lieu à des observations analogues à celles qui ont été faites pour les graines

(¹) Travail fait au laboratoire de M. le professeur Bourquelot.

(²) *Comptes rendus,* t. CXXIX, p. 228, 1899; t. CXXX, p. 340 et 731, 1900.

de Luzerne : les graines de *Trifolium repens*, entières, mises à macérer pendant douze à quinze heures dans de l'eau chloroformée (1 partie de graines pour 4 parties d'eau), fournissent un liquide de macération très fluide, qui louchit à peine par l'alcool; broyées, elles donnent au contraire avec l'eau une masse visqueuse, infiltrable, laissant couler par expression un liquide épais dans lequel l'alcool détermine la précipitation de longs filaments, blancs et volumineux. D'autre part, le macéré de graines germées est fluide, facilement filtrable, et donne avec l'alcool un précipité beaucoup plus faible et moins cohérent que celui qui fournit les graines non germées, simplement broyées; avec la germination coïncide, en effet, comme c'est naturel, la disparition graduelle de l'hydrate de carbone de réserve.

» On ne peut évidemment pas espérer que le produit extrait de la graine possède une composition chimique représentant exactement celle de l'hydrate de carbone ou du mélange d'hydrates de carbone primitifs; mais, en employant des méthodes d'extraction uniformes, on peut toutefois compter sur des résultats permettant de comparer entre eux les divers produits traités. Voici le détail de la méthode qui a été suivie :

» 800^{gr} de semences de *Trifolium repens* moulues ont été mises à macérer trois jours à la température ordinaire dans 8000^{cc} d'eau distillée contenant 80^{gr} d'acétate de plomb cristallisé. On a fait égoutter sur une toile, filtré, additionné la liqueur filtrée de 2^{gr} d'acide oxalique par litre, laissé reposer et filtré de nouveau. Le liquide filtré a été additionné d'un volume et demi d'alcool à 90°; l'hydrate de carbone précipité a été recueilli sur un double filtre, lavé avec de l'alcool à 90°, bouilli dans l'alcool à 95°, exprimé et séché dans le vide sulfurique. On a ainsi obtenu 14^{gr} à 15^{gr} de produit; mais il faut remarquer que la viscosité des liquides et la lenteur des filtrations donnent lieu à des pertes importantes.

» Le produit ainsi préparé, très léger, complètement blanc, perdait, à l'étuve de Gay-Lussac, 2,07 pour 100. Il donnait des solutions incolores, visqueuses et légèrement opalescentes; aussi, pour déterminer le pouvoir rotatoire, a-t-il fallu additionner la solution d'une petite quantité de soude (5 gouttes de lessive des savonniers pour 30^{cc} de solution); on a trouvé ainsi $\alpha_D = +81°,1$ pour une solution à environ 1 pour 100.

» $2^{gr},546$ de produit sec, hydrolysés à l'autoclave à 110°, pendant deux heures, dans 100^{cc} d'eau acidulée par $2^{gr},50$ d'acide sulfurique, ont fourni $2^{gr},419$ de sucres réducteurs exprimés en glucose, contenant du mannose et du galactose. Le dosage de ces derniers sucres a donné, pour la totalité, $1^{gr},325$ de mannose et $0^{gr},844$ de galactose. Au cours de diverses opérations faites à la suite d'hydrolyses du produit étudié, le galactose a pu être obtenu *cristallisé;* il en a été de même du mannose qui a été régénéré de son hydrazone par décomposition au moyen de l'aldéhyde benzoïque.

» L'hydrate de carbone de réserve du *Trifolium repens* est donc une

mannogalactane. On a essayé sur cette mannogalactane l'action de la *séminase*. Pour obtenir cette dernière, on a mis à germer à 25°-30° des graines de Luzerne préalablement trempées quelques heures dans l'eau froide; à la quarante-septième heure de germination, on les a broyées, puis mises à macérer douze heures, à la température ordinaire, dans leur poids d'eau distillée contenant 1 pour 100 de fluorure de sodium; on a exprimé et filtré; le liquide est, comme on sait, une solution très active de séminase. On a fait le mélange suivant :

Mannogalactane de *Trifolium repens* (séchée seulement dans le vide)..	1gr
Solution de séminase...	5cc
Fluorure de sodium...	0gr,45
Eau distillée..	45cc

» On a abandonné quarante-sept à quarante huit heures à l'étuve, vers 38°-40°; le mélange filtrait alors facilement; en outre, il s'était formé des sucres réducteurs dont la quantité, exprimée en glucose, a été déterminée en retranchant du sucre total trouvé le sucre apporté par la solution de ferment; il s'était produit ainsi, sous l'action de ce dernier, aux dépens de la mannogalactane, 0gr,220 de sucre réducteur. L'addition d'acétate de phénylhydrazine au liquide de digestion a déterminé la formation d'un léger précipité de mannosehydrazone.

» En résumé, l'hydrate de carbone de réserve des graines de *Trifolium repens* est une *mannogalactane;* cette mannogalactane se rapproche, par ses propriétés, de celles de la Luzerne et du Fenugrec; elle est hydrolysable par la séminase qui la transforme, au moins partiellement, en sucres réducteurs assimilables. »

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Présence de l'iode dans le sang* (1). Note de MM. **E. Gley** et **P. Bourcet**, présentée par M. A. Gautier.

« La question de savoir si l'iode trouvé par Baumann dans la glande thyroïde existe normalement dans d'autres organes et d'abord dans le sang a justement préoccupé l'un de nous. Mais elle ne pouvait être résolue dans des conditions d'exactitude assurée qu'au moyen d'une méthode permet-

(1) Travail du laboratoire de Chimie de la Faculté de Médecine et du laboratoire de Physiologie générale du Muséum.

tant d'isoler et de doser de très petites quantités d'iode dans une grande masse de matière; car il était à supposer, étant donnée la teneur moyenne de la glande thyroïde, que la proportion de l'iode dans le sang devait être minime. Une telle méthode a précisément été décrite par P. Bourcet (¹) et utilisée par lui dans le laboratoire du professeur A. Gautier, pour de nombreux dosages d'iode dans les matières alimentaires. C'est cette méthode qui nous a servi.

» En fait, si l'on opère sur 100^{cc} ou 200^{cc} de sang, on ne peut déceler d'iode. Nous avons alors opéré sur 1^{lit}.

» Le sang était obtenu directement de la carotide sur de gros chiens de 20^{kg} au moins et immédiatement traité de la façon indiquée dans la Note qui vient d'être citée. L'animal une fois mort d'hémorragie ou sacrifié par section du bulbe, on enlevait la glande thyroïde, dans laquelle on dosait aussi l'iode. Nous pouvons donc comparer ici la teneur du sang en iode à celle de l'organe dans la composition duquel, selon l'opinion générale des physiologistes, il entre comme principe caractéristique.

» Voici, résumés, les résultats de nos recherches :

Animaux.	Poids de l'animal.	Poids de la glande thyroïde (poids frais).	Quantité d'iode de la glande.	Quantité d'iode par litre de sang.
	kg	gr	mgr	mgr
1. Chien bâtardé, jeune	19,400	2,608	0,6	0,013
2. Chien de montagne, jeune...	24,200	1,580	0,18	0,016
3. Chien de berger bâtardé	25,500	1,373	0,4	0,05
4. Chien terre-neuve, vieux....	36,500	6,87	1,06	0,06

» Il était important de savoir dans quelle partie du sang se trouve l'iode.

» Dans une première expérience, nous avons laissé se coaguler spontanément 1000^{cc} de sang, provenant d'un chien adulte de 35^{kg}; on a obtenu 240^{cc} de sérum (rosé) et 825^{gr} de caillot; il n'a été trouvé d'iode que dans le sérum, qui en contenait $0^{mgr},06$. La glande thyroïde de cet animal pesait (poids sec) $1^{gr},0491$ et contenait $0^{mgr},46$ d'iode.

» Dans une autre expérience, le sang, recueilli sur un caniche blanc déjà âgé, mais très vigoureux, du poids de 22^{kg}, a été mis, aussitôt après la saignée, à centrifuger; dans ces conditions, comme l'a montré L. Camus (²), on obtient toujours un sérum

(¹) P. Bourcet, *Recherche et dosage colorimétrique de petites quantités d'iode dans les matières organiques* (*Comptes rendus*, t. CXXVIII, p. 1120; 1er mai 1899).

(²) L. Camus, *Procédé pour obtenir le sérum sanguin* (*Comptes rendus de la Soc. de Biol.*, t. LII, p. 401; 28 avril 1900).

parfaitement clair. Les 800^{cc} de sang que l'on avait pris ont donné 450^{gr} de caillot qui ne renfermait point d'iode. Le sérum a été soumis à une dialyse de cinquante heures dans l'appareil de M. A. Gautier. Le liquide dialysé ne contenait point d'iode. Le liquide intérieur (resté dans les dialyseurs) en contenait 0^{mgr},06.

» Une autre expérience, faite avec du plasma, a donné un résultat analogue. Une saignée, pratiquée sur un chien adulte de 26^{kg}, fournit 800^{cc} de sang, que l'on reçoit dans une éprouvette contenant 2^{gr} d'oxalate de potasse, pour empêcher la coagulation. On centrifuge; le plasma décanté est soumis à la dialyse pendant quarante-deux heures. Ni la bouillie globulaire, ni le liquide dialysé ne contiennent d'iode; dans le liquide resté sur les dialyseurs on en a trouvé 0^{mgr},09. Quant à la glande thyroïde de cet animal, elle était malade; le lobe gauche était de la grosseur d'un œuf de poule et kystique à son extrémité supérieure; cependant, il restait un peu de tissu en apparence sain; les deux parathyroïdes paraissaient normales; ce lobe, qui pesait 28^{gr},292, ne contenait que 0^{mgr},1 d'iode. Le lobe gauche, un peu hypertrophié aussi, pesait 2^{gr},729 et en contenait 0^{mgr},23.

» Ces expériences prouvent que l'iode du sang se trouve dans la partie liquide du sang et combiné aux matières protéiques. Il existe donc sous une forme analogue à celle sous laquelle se trouve l'iode thyroïdien (iode nucléinique, d'après le professeur A. Gautier).

» Résumons ces résultats comme précédemment :

Animaux.	Poids de l'animal.	Poids de la glande thyroïde.	Quantité d'iode de la glande.	Quantité de sang.	Iode du sérum ou du plasma.	Iode p^{r} 1000 de sang.
	kg	gr	mgr	cc	mgr	mgr
5. Chien bâtardé, adulte..	35	1,049 (poids sec)	0,46	1000	0,06	0,060
6. Caniche, âgé.........	22	2,09	0,26	800	0,06	0,075
7. Chien bâtardé, adulte..	26	31,020 (goître)	0,33	800	0,09 (dans le plasma)	0,112

» Si l'on compare ces chiffres à ceux du Tableau précédent, on remarque que la teneur du sang en iode est très variable, oscillant de 0^{mgr},013 à 0^{mgr},112 par litre, soit de 1 à 10.

» On sait que la quantité d'iode contenue dans la glande thyroïde est semblablement très variable. Faisons observer que tous les animaux sur lesquels nous avons opéré venaient de la fourrière; leur régime alimentaire ne nous est donc pas connu.

» Il serait évidemment intéressant de suivre les variations de l'iode thyroïdien et de l'iode du sang suivant une alimentation déterminée. Il ne le serait pas moins de rechercher ce que devient l'iode du sang, s'il augmente ou s'il disparaît après la thyroïdectomie. On jugerait peut-être ainsi

la question de la provenance de cet iode, que nos recherches permettent de considérer dès maintenant comme un élément normal du sang. »

PHYSIOLOGIE PATHOLOGIQUE. — *Réalité de la toxicité urinaire et de l'auto-intoxication* (1). Note de M. A. **Charrin**, présentée par M. Ch. Bouchard.

« Des recherches antérieures m'ont amené à établir, pour une part, la nature et le mécanisme des tares (2) qu'on observe chez les nouveau-nés issus de parents malades plus fréquemment que chez ceux qui procèdent de générateurs bien portants.

» J'ai poursuivi ces recherches en comparant la toxicité de l'urine de ces rejetons souffrants à celle de la sécrétion rénale des nourrissons normaux. — La première se montre plus toxique; il faut, en moyenne, 70^{cc} à 105^{cc} pour tuer, par injection intra-veineuse, 1^{kg} de matière vivante, tandis que cette dose atteint 120^{cc} à 210^{cc}, si l'on se sert du contenu vésical des sujets sains (3).

» Toutefois, en usant de cette porte d'entrée vasculaire, on n'échappe pas aux objections, qui prétendent qu'en suivant cette méthode on agit physiquement, en perturbant l'hydraulique, par manque d'isotonicité, plutôt que chimiquement. — Pour ne pas encourir ces objections, au lieu de faire les corrections encore incomplètement formulées, je me suis adressé à la voie sous-cutanée, qui permet d'écarter ces causes d'erreur.

» En m'entourant de précautions antiseptiques (4), j'ai injecté, tous les deux ou trois jours, pendant une, quatre, quelquefois sept semaines, 6^{cc} à 15^{cc}, variations en rapport avec le degré de toxicité.

» C'est que, en effet, la sécrétion rénale de ces rejetons cachectisés est plus ou moins nuisible et les résultats ne sont pas uniformes. Néan-

(1) Travail du laboratoire de Médecine expérimentale de l'École des Hautes Études; Collège de France.

(2) Insuffisance dans la croissance ou la thermogénèse, amoindrissement de l'absorption intestinale, abaissement du rapport $\frac{Az.u}{Az.t}$, augmentation de $\frac{C}{Az}$, diminution de l'alcalinité du sang, accroissement de celle de l'urine, etc.

(3) Ce défaut de toxicité tient en partie à la faible proportion soit des sels de potasse de l'alimentation, soit des fermentations intestinales, de la désassimilation, des matières colorantes, etc. La maladie accroît le débit de ces sources toxiques naturelles.

(4) En dépit de ces précautions, il n'est pas exceptionnel d'observer l'infection qui vicie l'expérience.

moins, on peut dire, d'une façon générale, que celle des nouveau-nés bien portants détermine habituellement, si on l'introduit dans le tissu cellulaire par doses fractionnées, des désordres sans importance, fréquemment inappréciables; en revanche, ce contenu vésical recueilli chez des athrepsiques a plus facilement et plus souvent fait maigrir les animaux, qui succombent en présentant des lésions portant sur divers appareils (hémorragies, altérations rénales, digestives, etc.), mais de préférence sur le foie, atteint dans la majorité des cas de dégénérescense graisseuse ([1]). — Sur douze cobayes recevant, par les procédés indiqués, l'urine des sujets normaux, deux seulement, au bout de cinq semaines, ont péri, tandis que, pendant ce même temps et en opérant sur ce même nombre, ce liquide, emprunté à des descendants de femmes cachectiques, a amené la mort de sept d'entre eux.

» Assurément, les différences ne sont pas toujours aussi tranchées; pourtant les résultats sont tels que l'existence, dans cette sécrétion de ces débiles, de principes capables d'engendrer de telles détériorations ne paraît pas niable. Dès lors, puisque ces éléments toxiques s'échappent de ces organismes tarés, c'est qu'ils se rencontrent dans leurs plasmas ou leurs tissus. D'autre part, du moment où de semblables substances font apparaître des altérations dans les viscères des animaux, il est naturellement permis de penser que, chez ces nourrissons malades, les cellules placées au contact de ces poisons subissent leur influence détériorante ([2]).

» On peut aller plus loin et rechercher l'origine de ces composés nuisibles mêlés aux humeurs des athrepsiques.

» Comme ces athrepsiques n'empruntent au monde extérieur que du lait ou de l'air, on ne saurait admettre une provenance externe; non seulement, en effet, ce lait, cet air sont généralement inoffensifs, mais, dans l'espèce, leur innocuité est établie par ce fait que les enfants sains, les fils des nourrices du service, ceux qui constituent, en quelque sorte, nos sujets témoins, prennent ce même lait, respirent les mêmes gaz ([3]), sans cesser de jouir d'une parfaite santé.

([1]) Chez le nouveau-né, comme chez l'animal, c'est le foie, peut-être grâce à des poisons communs, qui est le plus touché.

([2]) J'ai cherché, avec des résultats encore incomplets, à voir si des doses fractionnées d'urine prise chez des rejetons non tuberculeux, mais issus de tuberculeux, déterminerait une prédisposition à la bacillose. — Cette méthode permettra peut-être d'étudier expérimentalement cette question des prédispositions.

([3]) La maladie des mères les oblige à ne pas allaiter; leurs descendants sont alimentés par des nourrices qui partagent leur lait entre ces débiles et leurs fils.

» Il est possible de songer à une source maternelle, puisque ces rejetons ont eu pour mères des infectées ou des intoxiquées, et que le placenta laisse passer les matériaux solubles. Toutefois, à partir de la naissance, ces débiles perdent toute relation avec ces organismes maternels ; d'un autre côté, ces principes n'étant plus introduits et s'échappant continuellement devraient bien vite diminuer, puis disparaître ; or, il n'en est rien, et cette donnée ruine cette deuxième hypothèse.

» On est, dès lors, à titre de conséquence nécessaire, conduit à admettre que de pareils poisons procèdent avant tout des cellules mêmes de ces nouveau-nés. D'ailleurs, cette constatation n'est pas surprenante, attendu, comme nous l'avons établi, qu'au point de vue physique ou chimique, anatomique ou physiologique, ces cellules laissent à désirer ; en particulier, les combustions demeurent plus inachevées, imperfection qui confère aux déchets de la nutrition une plus grande toxicité. Du reste, chez ces sujets, le plus fréquemment la désassimilation, source principale des poisons urinaires, est augmentée ; il en est de même de la source intestinale.

» Poussant plus avant ces investigations, on est en droit de se demander pourquoi ces cellules offrent de telles anomalies ?

» Si la mère est déjà malade à l'heure de la fécondation, l'ovule peut être altéré aussi bien que les autres éléments ; comment une protection spéciale lui serait-elle assurée ? Par suite, les parties d'un tout détérioré ne sauraient être saines ; or, ces parties sont les granulations originelles de l'embryon. — Dans le cas où le mal éclate au cours de la grossesse, les tissus si délicats du fœtus reçoivent des matériaux toxiques au travers du placenta ; ce fœtus est dans la situation d'un animal chez lequel on fait pénétrer des corps nuisibles par les vaisseaux, la voie la plus dangereuse.

» Ces considérations amènent à conclure que l'urine de certains nouveau-nés possède une vraie toxicité et que cette toxicité dépend, au moins partiellement, des poisons issus des défectuosités de la vie de leurs cellules [1] : il existe là un type d'auto-intoxication [2]. »

---

(1) Ces cellules engendrent des poisons et, par une sorte de choc en retour, ces poisons aggravent les tares de ces cellules : les processus deviennent complexes.

(2) Chez ces nouveau-nés l'observation est peut-être plus exempte de causes d'erreur que chez les animaux de laboratoire ; on sait ce qu'absorbent ces nouveau-nés, alors qu'il est impossible de répondre du passé pathologique de ces animaux qui, en particulier, ont pu ingérer des substances nuisibles.

PHYSIOLOGIE PATHOLOGIQUE. — *Sur le pouvoir antiprésurant du sérum à l'état pathologique*. Note de MM. **Ch. Achard** et **A. Clerc**, présentée par M. Lannelongue.

« D'après les travaux de Röden, Gley et Camus, Briot, le sérum sanguin contient un ferment qui empêche l'action coagulante de la présure sur le lait. Nous nous sommes proposé d'étudier chez l'homme cette action antiprésurante du sérum et ses variations pathologiques.

» Voici comment nous avons procédé.

» Dans une série de tubes contenant chacun 10^{cc} de lait, nous versions un nombre croissant de gouttes d'une solution aqueuse de présure Hansen solide à 1 pour 400. Nous conservions un tube comme témoin et nous ajoutions à chacun des autres un demi-centimètre cube de sérum. Le tout était porté dans l'étuve à 37° pendant une demi-heure. Au bout de ce temps, nous constations que le lait ne s'était pas coagulé dans tous les tubes, et il était facile de savoir la quantité minima de présure qui suffisait à produire, en présence du sérum, la coagulation. Cette quantité minima, évaluée en gouttes de la solution de présure, servait à mesurer le pouvoir antiprésurant du sérum.

» Alors que deux gouttes de la solution coagulaient exactement en une demi-heure 10^{cc} de lait pur, il en fallait 10, 15 et même davantage après addition d'un demi-centimètre cube de sérum pour produire ce résultat.

» Nos recherches ont porté sur trente-quatre sérums. Nous avons eu soin de nous servir de lait de même provenance et de vérifier chaque fois que 10^{cc} de lait étaient exactement coagulés par deux gouttes de la solution, dans les conditions ci-dessus indiquées.

» A l'état normal, l'activité antiprésurante du sérum paraît être comprise entre 12 et 18. Il en était de même chez un certain nombre de malades atteints d'affections diverses (néphrites, tuberculose, pneumonie, fièvre typhoïde, diabète, chlorose, apoplexie) : ces sujets ont généralement guéri ou du moins survécu; dans des cas presque exceptionnels, la mort est survenue, mais à une période éloignée de l'examen du sérum, ou bien elle a été brusque (apoplexie) sans avoir été précédée de cachexie.

» Au contraire, chez plusieurs malades atteints d'affections graves, le pouvoir antiprésurant est tombé à 8 et au-dessous : il s'agissait de pneumonies graves, de septicémie avec néphrite aiguë, de cancer utérin, de tuberculose avancée, de cirrhose à marche rapide. Les chiffres de 6, 5

et 4, minimum observé, correspondent à des malades qui ont tous succombé.

» Nous nous croyons donc fondés à conclure que, dans les maladies graves et cachectisantes, le pouvoir antiprésurant du sérum est abaissé. Nous avions déjà fait cette constatation pour le pouvoir lipasique ([1]). Aussi la comparaison entre l'activité lipasique et l'activité antiprésurante nous a-t-elle paru devoir être établie. Or, sur les vingt-neuf cas où elle a été faite, il nous a été possible de constater que toutes deux varient, non d'une façon strictement parallèle, mais généralement dans le même sens. Surtout l'abaissement du pouvoir antiprésurant correspond à celui du pouvoir lipasique ; nous n'avons observé à cet égard qu'une exception remarquable : chez un obèse, dont le pouvoir antiprésurant était de huit à dix, l'activité lipasique s'élevait à vingt-quatre.

» Il faut noter aussi que, chez quelques sujets, l'activité lipasique est exagérée, notamment chez les diabétiques. Il nous a paru qu'il n'en était pas de même pour le pouvoir antiprésurant.

» D'ailleurs le pouvoir lipasique semble varier dans des limites plus étendues chez les divers sujets et osciller plus facilement aussi chez le même malade. Ainsi, chez une chlorotique en voie de rétablissement, nous avons vu le pouvoir lipasique monter de onze à dix-huit, tandis que le pouvoir antiprésurant se maintenait à douze. Dans un cas de pneumonie grave, le pouvoir lipasique, mesuré la veille de la défervescence et onze jours après, s'élevait de huit à treize, mais le pouvoir antiprésurant demeurait à dix. Chez un autre pneumonique, le pouvoir lipasique avait passé de neuf à treize, de la défervescence au douzième jour de la convalescence, mais le pouvoir antiprésurant n'était monté que de huit à dix.

» Le régime ne nous a pas paru être la cause des variations observées. En particulier les sujets au régime lacté avaient une activité antiprésurante forte ou faible selon les circonstances.

» Enfin, dans trois cas, nous avons pu constater que le liquide pleurétique possède à un faible degré le pouvoir antiprésurant et le pouvoir lipasique.

» *En somme*, de même que le pouvoir lipasique et, sans doute, l'activité d'autres ferments sanguins, le pouvoir antiprésurant du sérum diminue dans les maladies graves et les affections cachectisantes. Son abaissement,

---

([1]) *Comptes rendus*, 13 novembre 1899, et *Archives de Médecine expérimentale*, janvier 1900, p. 1.

lorsqu'il est notable, peut être considéré comme un signe de mauvais pronostic. »

M. FIRMIN LARROQUE adresse à l'Académie trois Notes ayant pour titres :

1° « Vibrations nerveuses et psycho-nerveuses d'ordre musical et psycho-nerveuses d'ordre purement intellectuel » ;
2° « Polarisation atmosphérique » ;
3° « Explication de la scintillation stellaire, solaire et planétaire ».

A 5 heures, l'Académie se forme en Comité secret.

COMITÉ SECRET.

La Section d'Anatomie et Zoologie présente la liste suivante de candidats pour la place devenue vacante par suite du décès de M. *Milne-Edwards* :

En première ligne, par ordre alphabétique	MM. GIARD. VAILLANT.
En deuxième ligne, par ordre alphabétique	MM. BOUVIER. DELAGE.
En troisième ligne, par ordre alphabétique.	MM. OUSTALET. PRUVOST.

Les titres de ces candidats sont discutés.

L'élection aura lieu dans la prochaine séance.

La séance est levée à 6 heures.

G. D.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans la séance du 18 juin 1900.

Leçons sur la Théorie des formes et la Géométrie analytique supérieure, à l'usage des étudiants des Facultés des Sciences, par H. Andoyer; t. I. Paris, Gauthier-Villars, 1900; 1 vol. in-8°. (Présenté par M. Picard.)

La tour de trois cents mètres, par G. Eiffel; texte et planches; exemplaire n° 1. Paris, Lemercier, 1900; 2 vol. in-f°. (Présenté par M. Mascart; hommage de l'Auteur.)

Les phénomènes de dissolution et leurs applications, par M. V. Thomas. Paris, Gauthier-Villars, Masson et Cie, s. d.; 1 vol. in-12. (Présenté par M. Moissan.)

Cinquante années d'inoculation préventive de la péripneumonie contagieuse des Bovidés (1850-1900), par le Dr L. Willems. Bruxelles, Hayez, 1900; 1 fasc. in-8°. (Hommage de l'Auteur.)

Local particulars of the total eclipse of the Sun, 1901, *May* 17-18. (*Nautical Almanac,* circular n° 18); 1 fasc. in-8°.

Consolidated telpherage Company. Circulars 1-5. New York, U. S. A., 1900; 1 fasc. in-8°.

The John Crear library fifth annual Report for the year 1899. Chicago, 1900; 1 fasc. in-8°.

Astronomical and magnetical and meteorological observations made at the Royal Observatory, Greenwich, in the year 1897, under the direction of W.-H.-M. Christie. Edinburgh, Neill and C°, 1899; 1 vol. in-4°.

Official copy. Admiralty, n° 1966. *Catalogue of* 2798 *zodiacal stars for the epoch* 1900, selected and compiled under the direction of David Gill. London, 1899; 1 fasc. in-8°.

Cape catalogue 1885-1895. London, 1898; 1 vol. in-4°.

Annals of the Royal Observatory, Cape of Good Hope; vol. II, part 2. Edinburgh, 1899; 1 vol. in-4°.

U. S. Geological Survey, Charles D. Walcott, Director. *Monographs :* XXXII, part 2; XXXIII, XXXIV, XXXVI-XXXVIII. Washington, 1899; 6 vol. in-4°.

COMPTES RENDUS

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 25 JUIN 1900,

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE LÉVY.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Problème du refroidissement d'un mur par rayonnement, ramené au cas plus simple où le refroidissement aurait lieu par contact.* Note de M. J. **BOUSSINESQ**.

« I. Prenons comme second exemple de réduction (¹), le problème du refroidissement d'un mur d'épaisseur indéfinie, à partir de températures données, $f(x)$, qu'il offrait, à l'époque $t = 0$, depuis sa face $x = 0$ jusqu'à ses couches profondes $x = \infty$, températures arbitraires, mais tendant vers une constante u_0 pour x infini.

(¹) Voir l'avant-dernier *Compte rendu*, p. 1579.

» Ici encore nous aurons

$$\varphi = u - \frac{1}{h}\frac{du}{dx};$$

et cette fonction auxiliaire, dont les valeurs initiales sont évidemment $f(x) - \frac{1}{h}f'(x)$, représentera la température d'un mur *se refroidissant par contact*, où l'on aurait

$$\frac{d\varphi}{dt} = a^2 \frac{d^2\varphi}{dx^2},$$

$$(\text{pour } x = 0)\ \varphi = 0, \qquad (\text{pour } x = \infty)\ \varphi = u_0,$$

$$(\text{pour } t = 0)\ \varphi = f(x) - \frac{1}{h}f'(x).$$

» Sa valeur, donnée presque immédiatement par la formule de Fourier, est

$$\varphi(x, t) = \frac{2}{\pi}\int\int_0^{+\infty} e^{-a^2\alpha^2 t} \sin\alpha x \sin\alpha\xi \left[f(\xi) - \frac{1}{h}f'(\xi)\right] d\alpha\, d\xi.$$

» L'expression de u par le moyen de φ étant encore

$$h\int_0^\infty \varphi(x + \zeta, t) e^{-h\zeta} d\zeta,$$

nous aurons

$$(9) \quad u = \frac{2}{\pi}\int\int\int_0^{+\infty} e^{-h\zeta - a^2\alpha^2 t} \sin(\alpha x + \alpha\zeta) \sin\alpha\xi [hf(\xi) - f'(\xi)]\, d\zeta\, d\alpha\, d\xi.$$

» Après dédoublement du facteur $\sin(\alpha x + \alpha\zeta)$ en deux produits de sinus et de cosinus, l'intégration relative à ζ s'effectue immédiatement, vu que $\int_0^\infty e^{-h\zeta}(\cos\alpha\zeta \text{ ou } \sin\alpha\zeta)d\zeta$ a pour valeur $\frac{(h \text{ ou } \alpha)}{h^2 + \alpha^2}$; et il vient la formule, dont Fourier s'est servi dans la question sans indiquer comment il y était parvenu ([1]),

$$(10) \quad u = \frac{2}{\pi}\int\int_0^{+\infty} [hf(\xi) - f'(\xi)] e^{-a^2\alpha^2 t} \sin\alpha\xi \frac{\alpha\cos\alpha x + h\sin\alpha x}{\alpha^2 + h^2} d\alpha\, d\xi.$$

([1]) Extrait d'un Mémoire *Sur le refroidissement séculaire du globe terrestre* (1820); t. II des *Œuvres* de Fourier, p. 275. Dans un autre Mémoire, ultérieur (de 1827), il semble (même t. II, p. 117) mettre en doute cette formule, qui est cependant exacte.

» II. Il convient d'en éliminer la dérivée f'; car l'état initial qu'exprime la fonction arbitraire f peut n'être donné que d'une manière empirique, au moyen, par exemple, d'une suite de valeurs numériques difficile à différentier, ou peu propre à fournir f'. Cette élimination se fera en considérant à part, dans le second membre de (10), l'intégrale où figure f'. On peut, en appelant ξ_1 une quantité très grande, indépendante de α et que, finalement, l'on fera croître sans limite, l'écrire

$$(11) \quad \frac{2}{\pi}\int_{\alpha=0}^{\alpha=\infty} e^{-a^2\alpha^2 t}\,\frac{\alpha\cos\alpha x + h\sin\alpha x}{\alpha^2+h^2}\,d\alpha\int_{\xi=0}^{\xi=\xi_1}(\sin\alpha\xi)\,d[-f(\xi)].$$

» Effectuons par parties l'intégration en ξ et observons que $f(\xi_1)$ se confond sensiblement avec $f(\infty)$, qui est la constante donnée u_0. L'expression (11) devient

$$(12) \quad \left\{\begin{aligned} &-\frac{2u_0}{\pi}\int_0^\infty e^{-a^2\alpha^2 t}\,\frac{\alpha\cos\alpha x + h\sin\alpha x}{\alpha^2+h^2}\sin(\xi_1\alpha)\,d\alpha\\ &+\frac{2}{\pi}\iint_0^{+\infty} f(\xi)e^{-a^2\alpha^2 t}\,\frac{\alpha\cos\alpha x + h\sin\alpha x}{\alpha^2+h^2}\,\alpha\cos\alpha\xi\,d\alpha\,d\xi.\end{aligned}\right.$$

» Or, ici, le premier terme est *annihilé* par le facteur $\sin(\xi_1\alpha)$, qui, à la limite $\xi_1=\infty$, change de signe pour des valeurs de α infiniment rapprochées et réduit à zéro, dans les plus petits intervalles assignables, la valeur *moyenne* de la fonction sous le signe $\int$. Il ne reste ainsi, dans (12), que la dernière partie, celle qui constitue une intégrale double. En la joignant au terme en $f(\xi)$ du second membre de (10), il vient l'expression suivante de u, plus directement utilisable que (10) et aussi plus symétrique :

$$(13) \quad u=\frac{2}{\pi}\iint_0^{+\infty} f(\xi)e^{-a^2\alpha^2 t}\,\frac{(\alpha\cos\alpha x + h\sin\alpha x)(\alpha\cos\alpha\xi + h\sin\alpha\xi)}{\alpha^2+h^2}\,d\alpha\,d\xi.$$

» Fourier l'avait déduite de (10) dans le cas de $f(\xi)$ constant depuis $\xi=0$ jusqu'à une limite ξ_1 très grande, et Poisson [1] en a donné une démonstration générale.

» III. Supposons maintenant avec Fourier que la température ini-

---

[1] *Théorie mathématique de la chaleur*, p. 323.

tiale $f(x)$ ait été u_0 dans tout le mur, et non pas seulement aux grandes profondeurs x. La formule (13) devient alors

$$u = \frac{2u_0}{\pi} \iint_0^{+\infty} e^{-a^2\alpha^2 t} \frac{(\alpha\cos\alpha x + h\sin\alpha x)(\alpha\cos\alpha\xi + h\sin\alpha\xi)}{\alpha^2 + h^2} d\alpha\, d\xi;$$

et l'on peut y faire immédiatement l'intégration relative à ξ. Effectuons-la d'abord de zéro à une valeur fixe très grande ξ_1, que nous rendrons plus tard indéfiniment croissante. Nous aurons

$$u = \frac{2u_0}{\pi} \int_0^{\infty} e^{-a^2\alpha^2 t} \frac{\alpha\cos\alpha x + h\sin\alpha x}{\alpha^2 + h^2} \left(\sin\xi_1\alpha + h\frac{1 - \cos\xi_1\alpha}{\alpha}\right) d\alpha.$$

» A mesure que ξ_1 grandira, le facteur entre parenthèses $\left(\text{sous le signe } \int\right)$, affecté de courtes oscillations, variera de plus en plus vite avec α, de manière à prendre finalement pour valeur moyenne, dans les plus petits intervalles sensibles, la valeur même de son seul terme non oscillant, qui est $\frac{h}{\alpha}$. Ce facteur équivaut donc en définitive, dans l'intégrale, à $\frac{h}{\alpha}$; et il vient l'expression de u, due à Fourier,

$$(14) \qquad u = \frac{2hu_0}{\pi} \int_0^{\infty} \frac{e^{-a^2\alpha^2 t}}{\alpha^2 + h^2} \left(\cos\alpha x + h\frac{\sin\alpha x}{\alpha}\right) d\alpha.$$

» IV. Pour réduire plus complètement l'intégrale définie simple qui y figure, différentions u par rapport à t et remplaçons dans le résultat, sous le signe $\int$, le facteur $\frac{-\alpha^2}{\alpha^2 + h^2}$ par $\frac{h^2}{\alpha^2 + h^2} - 1$. Nous décomposerons ainsi l'intégrale obtenue en deux, dont l'une sera proportionnelle au second membre de (14), ou à u. Et il viendra l'équation différentielle en u et t,

$$(15) \qquad \frac{du}{dt} - a^2h^2u = -\frac{2a^2hu_0}{\pi} \int_0^{\infty} e^{-a^2\alpha^2 t} \left(\cos\alpha x + h\frac{\sin\alpha x}{\alpha}\right) d\alpha.$$

» Pour simplifier son second membre, posons

$$(16) \qquad I = \frac{1}{\sqrt{\pi}} \int_0^{\infty} e^{-a^2\alpha^2 t} \frac{\sin\alpha x}{\alpha} d\alpha;$$

d'où

$$\frac{dI}{dx} = \frac{1}{\sqrt{\pi}} \int_0^{\infty} e^{-a^2\alpha^2 t} \cos\alpha x\, d\alpha = \frac{1}{2a\sqrt{t}} e^{-\frac{x^2}{4a^2 t}}.$$

Comme cette intégrale I s'annule, dans tous ses éléments, pour $x = 0$, elle n'est pas autre chose que $\int_0^x \frac{dI}{dx} dx$; et il vient, en appelant finalement ω une nouvelle variable d'intégration,

$$(17) \qquad I = \int_0^{\frac{x}{2a\sqrt{t}}} e^{-\omega^2} d\omega.$$

» L'équation différentielle (15) devenant alors

$$\frac{du}{dt} - a^2 h^2 u = -\frac{2a^2 h^2 u_0}{\sqrt{\pi}} \left(I + \frac{1}{h} \frac{dI}{dx} \right),$$

intégrons-la par la méthode ordinaire de la variation des constantes, à partir de l'époque $t = 0$, où $u = u_0$. Nous aurons

$$ue^{-a^2h^2t} = u_0 + \frac{2u_0}{\sqrt{\pi}} \left(\int_{t=0}^{t=t} I \, de^{-a^2h^2t} - a^2 h \int_0^t e^{-a^2h^2t} \frac{dI}{dx} dt \right).$$

» Effectuons par parties la première intégration indiquée au second membre; et observons que, I, pour t nul, étant $\frac{\sqrt{\pi}}{2}$, le terme intégré correspondant à la limite inférieure détruit justement le premier terme, u_0, du second membre. Il viendra

$$(18) \qquad ue^{-a^2h^2t} = \frac{2u_0}{\sqrt{\pi}} \left[I e^{-a^2h^2t} - \int_0^t e^{-a^2h^2t} \left(a^2 h \frac{dI}{dx} + \frac{dI}{dt} \right) dt \right].$$

» Enfin, $a^2 h \frac{dI}{dx}$ et $\frac{dI}{dt}$ sont, d'après (17), les produits respectifs de $e^{-\frac{x^2}{4a^2t}}$ par $\frac{d.ah\sqrt{t}}{dt}$ et par $\frac{d}{dt}\left(\frac{x}{2a\sqrt{t}}\right)$; de sorte que la fonction sous le dernier signe $\int$, en y posant finalement $ah\sqrt{t} + \frac{x}{2a\sqrt{t}} = \omega$, peut s'écrire $e^{hx-\omega^2} d\omega$. Et la formule (18), résolue par rapport à u, donne enfin, vu (17), l'expression de la température u du mur sous sa forme la plus réduite,

$$(19) \qquad u = \frac{2u_0}{\sqrt{\pi}} \left(\int_0^{\frac{x}{2a\sqrt{t}}} e^{-\omega^2} d\omega + e^{a^2h^2t+hx} \int_{ah\sqrt{t}+\frac{x}{2a\sqrt{t}}}^{\infty} e^{-\omega^2} d\omega \right).$$

» C'est bien la formule, (6), que nous avions obtenue presque sans

calculs en traitant la question comme un problème d'échauffement et non de refroidissement, et dont Fourier avait remarqué (par la méthode ci-dessus) le cas particulier très simple correspondant à $x = 0$ ou aux températures successives de la surface.

» La complication beaucoup plus grande de la question, traitée comme un problème de refroidissement, est due sans doute à ce que la formule de Fourier, dont l'emploi semble inévitable au début de celui-ci, introduit dans les éléments de l'intégrale des sinus ou cosinus d'arcs réels et, par suite, des *ondulations*, entièrement étrangères à l'*allure* qu'affecte cette intégrale même, dans le cas choisi d'un état initial *uniforme*. D'où la nécessité des réductions précédentes, pour éliminer des éléments de u ces ondulations artificielles. »

MINÉRALOGIE. — *Note sur une série de contacts anormaux dans la région sous-pyrénéenne occidentale;* par MM. **Michel-Lévy** et **Léon Bertrand**.

« Au cours d'une tournée ayant pour but d'étudier quelques gisements de roches éruptives crétacées dans les Pyrénées, nous avons eu l'occasion de constater divers faits nouveaux concernant les grands accidents tectoniques de la région secondaire et tertiaire, entre Biarritz et Bagnères-de-Bigorre.

» M. Seunes a déjà appelé, dans sa Thèse en 1890, l'attention sur ces remarquables accidents qui amènent le Trias au contact des terrains les plus élevés de la série secondaire; il les attribue à des axes d'anticlinaux, mais il a eu le mérite d'en soupçonner la véritable nature en les comparant aux accidents que M. Marcel Bertrand avait déjà fait connaître en Provence.

» Sur la feuille de Tarbes, M. Carez a délimité, à une latitude analogue, un certain nombre de points remarquables qu'il a considérés comme des passages de failles : à Ossun, à Louey et à Laune, il marque, comme succédant brusquement vers le nord au Crétacé supérieur, des calcaires jurassiques contenant parfois de la couzéranite et du quartz en longues aiguilles. Cette apparition de terrains secondaires anciens, irrégulièrement accompagnés de quelques autres étages, sépare le Crétacé supérieur, au sud, des assises nummulitiques au nord. La succession des couches est donc aussi anormale au-dessus qu'au-dessous des couches les plus anciennes.

» *De Pouzac à Lasseube.* — M. Seunes avait signalé à Lasseube, à 1^{km} à l'est sur la route de Gan, un affleurement de syénite auquel il attribuait un durcissement métamorphique des couches du Danien. Nous avons pu constater que des roches granitoïdes séparent, sur plus de 4^{km} de long, le Trias accompagné de brèches ophitiques, du Danien qui ne nous a paru nullement modifié. A l'ouest de Lasseube, les arènes granitoïdes, accompagnées de traînées de mica blanc, sont d'un diagnostic difficile, à cause de leur profonde décomposition. On les suit sous la même forme vers l'est, à plus de 1500^{m} du bourg. C'est seulement à 3^{km}, sur la route de Gan, que l'on trouve dans une carrière quelques blocs de syénite massive.

» A Ossun, le calcaire chamois à longues aiguilles de quartz est accompagné vers l'est d'arènes granitiques en place qui constituent avec évidence la prolongation de l'accident de Lasseube.

» Au point de vue pétrographique, comme au point de vue tectonique, ce curieux accident est à rapprocher de celui de Pouzac, sur la rive droite de l'Adour. M. Carez y a délimité un granite ancien, des calcaires chamois et des cargneules triasiques ou liasiques, accompagnés d'ophites et de brèches ophitiques, enfin un culot de syénite éléolitique postérieure à tout son voisinage et probablement cénomanienne.

» *Prolongement vers les falaises de Biarritz.* — Le grand accident que nous venons de jalonner sommairement entre Pouzac et Lasseube nous paraît pouvoir être rattaché, grâce aux contours dus à M. Seunes, au contact anormal qui apparaît dans la falaise de Caseville, entre Biarritz et Bidart. M. Carez en a donné récemment une coupe détaillée très exacte, mais aux indications de laquelle il est nécessaire d'ajouter les directions des horizontales et des plongements réels des couches, qui varient singulièrement dans la falaise.

» Au nord du Trias, les pendages du Cénomanien, puis des couches nummulitiques, se font à quelque distance du rivage vers le nord; au bord de la mer, ils tournent vers le nord-est, puis en allant vers Biarritz à l'est et même à l'est-sud-est. La direction des couches, qui était ouest-sud-ouest dans l'intérieur des terres, tourne de plus de 120° de façon à devenir parallèle à la côte, c'est-à-dire nord-nord-est, après avoir passé par le nord-ouest et le nord.

» En même temps que se produit ce changement de direction, on voit disparaître les couches cénomaniennes, directement superposées au Trias sous la propriété de la reine de Serbie. Le contact anormal *par*

étirement entre le Trias et les couches qui lui sont superposées vient de la sorte longer le pied de la falaise, au débouché du ravin de Mouligna, amenant les calcaires à *Nummulites perforata,* redressés presque verticalement, qui forment la base des couches nummulitiques visibles dans la falaise, en contact direct avec les calcaires à dipyre et aiguilles de quartz (Jurassique inférieur ou Trias). A partir de ce point, la direction des couches nummulitiques se redresse vers le nord, puis vers le nord-ouest; enfin les marnes bleues de la côte des Basques disparaissent sous les célèbres rochers de Biarritz suivant une direction sensiblement est-ouest.

» Par contre, s'il est impossible de suivre vers l'ouest la prolongation du *contact anormal par chevauchement* du Trias sur les couches daniennes qui plongent sous lui, on peut du moins constater que le Danien et le Sénonien, situés au sud du Trias, ne participent en aucune façon à cette torsion de tout le flanc nord étiré du Trias. On voit, en effet, dans la falaise de Bidart, les couches crétacées supérieures se poursuivre avec le pendage régulier vers le nord-nord-ouest qu'elles présentent à l'intérieur des terres, et même la direction de ces couches s'infléchit vers le sud-ouest, leur pendage devenant nettement nord-ouest. Il y a donc *indépendance absolue,* au point de vue tectonique, *entre l'allure de la série de couches recouvrant au nord le Trias, avec étirement, et celle qui lui sert de substratum vers le sud.*

» Grâce aux indications de M. Mouly, ingénieur des salines de Briscous, nous avons pu suivre ces contacts anormaux dans l'intérieur des terres, jusqu'au lac Mouriscot, où le Trias se montre en contact avec le Danien, vers le sud et avec les marnes bleues nummulitiques du côté nord ([1]). Plus à l'est l'affleurement triasique s'élargit considérablement au voisinage de Bassussary et de ses salines (toujours bordé vers le sud-ouest par les calcaires daniens) et sur l'autre rive de la Nive, à Villefranque.

» En résumé, il semble résulter de nos observations qu'il s'agit moins de failles ou même d'anticlinaux à axe triasique que de véritables *écailles* poussées les unes sur les autres et à contours assez sinueux; comme dans beaucoup d'accidents de cette sorte, surtout lorsque les argiles gypsifères et salifères du Trias se rencontrent à leur base, il y a étirement et même disparition de plusieurs couches intermédiaires de la nappe charriée elle-même.

» Quant au sens du chevauchement, le pendage régulier de toutes les

---

([1]) D'après une Note récente de M. Bergeron, il y a peut-être encore ici intercalation de quelques bancs cénomaniens étirés.

couches à peu près vers le nord dans la région de Biarritz semble indiquer *une poussée vers le sud.* Il en est de même à Lasseube, bien que le pendage vers le nord se rapproche davantage de la verticale. Il est intéressant de mettre cette hypothèse sur le sens de la poussée en parallèle avec le sens du déversement des plis vers le sud dans la région du cirque de Gavarnie, indiqué depuis 1886 par M. de Margerie et confirmé par les récentes études de M. Bresson (¹), qui les rattache au Crétacé du pic de Ger et y signale un chevauchement important des terrains anciens vers le sud sur le Crétacé.

» Nous ferons remarquer, en terminant, que la découverte de longues traînées de roches granitoïdes associées aux marnes irisées gypsifères et salifères, aux brèches ophitiques et aux calcaires à couzéranite, confirme, s'il en était besoin, l'attribution de ces divers terrains à la base de la série secondaire. Elle fait ressortir aussi l'importance des mouvements qui ont pu ramener au jour ces roches anciennes en pleine série crétacée et nummulitique, avec un tel étirement qu'il a amené la production de véritables lames granitiques de plus de 4^{km} de long sur quelques dizaines de mètres d'épaisseur seulement. »

NOMINATIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à la nomination d'un Membre dans la Section d'Anatomie et Zoologie, pour remplir la place laissée vacante par le décès de M. *Milne-Edwards*.

Au premier tour de scrutin, le nombre des votants étant 58,

M. Giard	obtient	30 suffrages
M. Delage	»	16 »
M. Vaillant	»	12 »

M. **Giard**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu. Sa nomination sera soumise à l'approbation du Président de la République.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à la nomination d'un Cor-

(¹) Note de M. Bresson, parue en mai 1900 dans le *Bulletin des Comptes rendus des collaborateurs de la Carte géologique de la France*, pour l'année 1899.

respondant pour la Section de Mécanique, conformément au Décret du 24 juin 1899.

Au premier tour de scrutin, M. Bazin obtient 47 suffrages.

M. **Bazin**, ayant obtenu l'unanimité des suffrages, est élu Correspondant de l'Académie.

MÉMOIRES PRÉSENTÉS.

M. **Antoine Cros** adresse un Mémoire ayant pour titre : « Action mécanique de la lumière ».

(Commissaires : MM. Cornu, Mascart, Lippmann.)

M. **Jenkins** soumet au jugement de l'Académie un Mémoire intitulé : « Météorologie, branche de l'Astronomie ».

(Commissaires : MM. Mascart, Violle.)

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** donne lecture d'une Lettre de M. le *Ministre de l'Instruction publique,* relative à une nouvelle mesure de l'arc du méridien de Quito.

« Paris, le 21 juin 1900.

» Messieurs les Secrétaires perpétuels,

» Par Lettre en date du 12 mai 1899, j'ai eu l'honneur de porter à la connaissance de l'Académie des Sciences que l'Association géodésique internationale, dans la conférence générale tenue à Stuttgard au mois d'octobre 1898, avait émis un vœu tendant à l'exécution, avec les moyens d'action et les précisions de la Science actuelle, d'une nouvelle mesure de l'arc du méridien dit du *Pérou.* Ce vœu, d'ailleurs, reproduisait celui qu'avait déjà émis la même Association dans la conférence réunie à Paris, lors de l'Exposition universelle de 1889. Ils avaient été provoqués l'un et l'autre par l'initiative des délégués des États-Unis, qui ne cachaient pas l'intention de leur Gouvernement de se charger de l'opération dans le cas où la France ne croirait pas devoir reprendre l'œuvre des Académiciens du XVIIIe siècle.

» Je n'ai pas à rappeler ici comment, dès 1889, mon département, sur l'initiative de l'Académie des Sciences, s'occupa des mesures à prendre en vue d'une revision de l'arc du Pérou, ni quelles difficultés et quelles circonstances l'obligèrent finalement à ajourner la réalisation de ce projet.

» Le vœu réitéré de l'Association géodésique internationale indiquait de façon suffisamment claire qu'il devenait urgent d'examiner de nouveau la question. En vous

communiquant les propositions que la Commission géodésique française m'avait soumises, je vous annonçais, par ma Lettre précitée, que j'avais décidé de faire procéder à une reconnaissance préalable de l'arc de Quito, et qu'après entente avec M. le Ministre de la Guerre, j'en avais confié l'exécution à deux géodésiens du Service géographique de l'armée. Je tenais, en effet, avant tout, à déterminer aussi exactement que possible dans quelles conditions l'opération pourrait être entreprise.

» Partis de France à la fin de mai 1899, MM. les Capitaines Maurain et Lacombe étaient de retour à Paris le 31 décembre, après avoir, en cinq mois, reconnu le terrain sur une étendue de plus de 6°, déterminé les sommets de la triangulation, les emplacements des bases et des stations astronomiques, la ligne de nivellement géométrique de Quito à la mer, les stations intéressantes au point de vue de la détermination de la pesanteur, et recueilli, en outre, tous les renseignements relatifs à la durée des opérations et à la dépense qu'elles pourraient occasionner. Le Rapport qu'ils m'ont adressé permet d'établir le programme du travail à entreprendre, ainsi que l'évaluation des crédits nécessaires pour mener à bonne fin une opération qui intéresse à un si haut degré la Science française.

» J'ai l'honneur de vous adresser, sous ce pli, avec le canevas de la triangulation projetée de ce nouvel arc de Quito, un extrait de ce Rapport. Ce document contient l'exposé, tel qu'il a été présenté à la Commission géodésique française, des travaux géodésiques et astronomiques que comporterait la mesure de cet arc. D'après les calculs de MM. Maurain et Lacombe, la durée probable des opérations peut être évaluée à quatre ans. Les crédits nécessaires seraient demandés aux Pouvoirs publics. Toutefois, il y a lieu de considérer que la dépense pourrait être réduite dans une assez forte proportion s'il était possible, sans inconvénient scientifique, de réduire l'arc, actuellement prévu de 6°, à 4°,5, de la base de Colombie à la base de Tarqui; on supprimerait ainsi la partie la plus difficile des travaux.

» Mais j'estime que je n'aurais pas assez fait en mettant l'Académie des Sciences au courant des travaux préparatoires aujourd'hui exécutés et des projets qui s'en dégagent. Je ne saurais oublier que l'œuvre qu'il s'agit de réaliser est la continuation de celle qu'accomplirent au siècle dernier les membres de l'ancienne Académie. Je ne saurais oublier davantage l'initiative prise en 1889 par l'Académie des Sciences. La présente Communication n'a donc pas simplement pour objet de vous transmettre des renseignements au sujet d'une entreprise qui ne peut manquer de vous intéresser. Je voudrais, en plaçant la nouvelle opération sous le haut patronage scientifique de votre Compagnie, lui demander le concours de ses lumières.

» Je serai particulièrement reconnaissant à l'Académie des Sciences de vouloir bien examiner le programme scientifique qui m'est proposé, de le discuter et de me faire part des observations qu'il lui aura suggérées. Je la prierais, entre autres, de me faire connaître son sentiment sur la question de l'amplitude de l'arc à mesurer et de me dire si la mesure d'un arc de 4°,5 lui paraîtrait répondre suffisamment aux besoins de la Science.

» Agréez, Messieurs les Secrétaires perpétuels, l'assurance de ma haute considération.

» *Le Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts,*

» GEORGES LEYGUES. »

Cette Lettre est renvoyée avec le Rapport qui l'accompagne à une Commission composée des Sections de Géométrie, d'Astronomie, de Géographie et de Navigation, auxquelles M. le Président de l'Académie et M. le Secrétaire perpétuel pour les Sections des Sciences mathématiques sont priés de s'adjoindre.

M. **Dwelshauvers-Dery**, élu Correspondant pour la Section de Mécanique, adresse ses remercîments à l'Académie.

M. **D.-P. Œhlert**, élu Correspondant pour la Section de Minéralogie, adresse ses remercîments à l'Académie.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

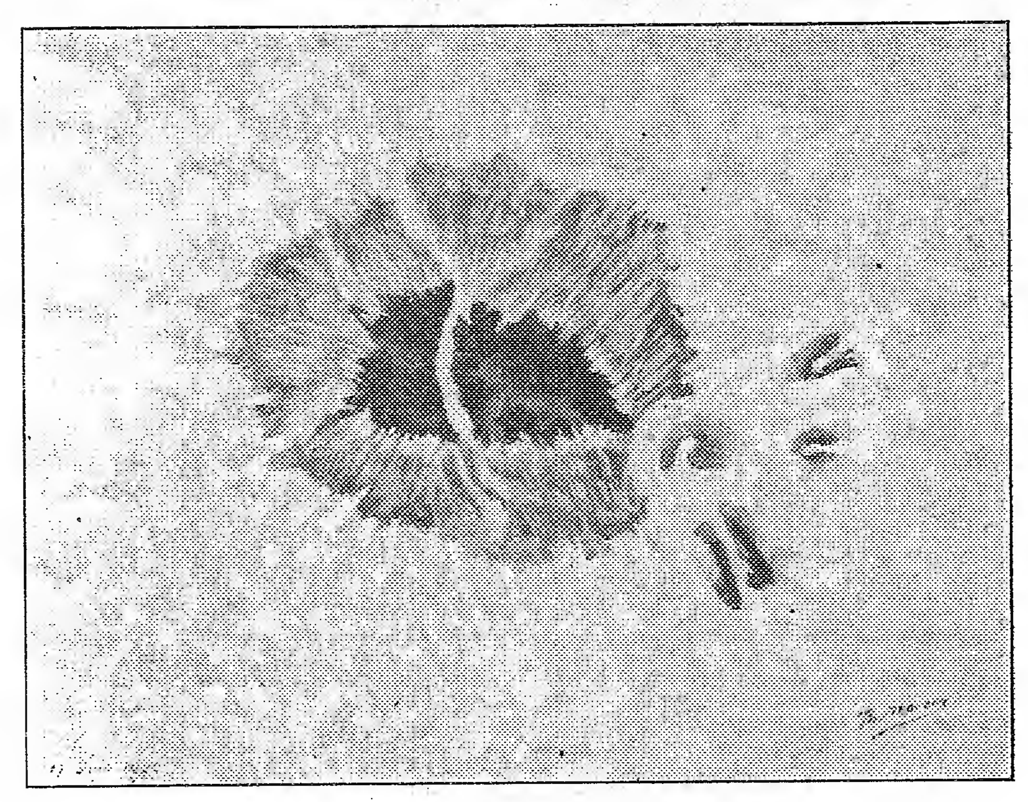
Le Tome VII des « Annales de l'Observatoire de Nice », publiées par M. *Perrotin*. (Présenté par M. Mascart.)

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Sur les taches solaires à propos de la grande tache observée le* 17 *juin à la grande Lunette de* 1900. Note de M. **Moreux**, présentée par M. Bouquet de la Grye.

« J'ai pu étudier, à la grande Lunette de 1900, la tache remarquable de la fin de juin, tache dont j'envoie le dessin à l'Académie. Elle faisait partie d'un groupe de 80000^{km} et mesurait elle-même, avec les formations annexes qui l'accompagnaient, un diamètre de 36000^{km}. Son noyau, le 17 juin, était le siège de bouleversements se traduisant par des nuages moins sombres que le centre de la tache et un point lumineux très brillant montrant nettement la *segmentation*.

» Cette tache est un exemple frappant du mécanisme, encore peu étudié, de la segmentation des taches. D'après mes observations, entreprises depuis une douzaine d'années, la segmentation est toujours explicable par un envahissement de la photosphère. Les nuages lumineux, connus sous le nom de *grains de riz*, s'allongent comme attirés par la tache, forment la pénombre et bientôt se précipitent dans le noyau. Cet envahissement peut seul expliquer le fait qu'on retrouve assez souvent : la rotation en sens contraire des parties d'une même tache.

» Pour expliquer tous les phénomènes connus sur les taches, j'admets que ces formations ne sont ni des volcans, ni des cyclones, mais des régions *hyperthermiques*, c'est-à-dire surchauffées. Toute augmentation de chaleur à la surface du Soleil, par le fait même qu'elle favorise les phénomènes de dissociation, supprime la radiation photosphérique et doit produire une région sombre. Ce surcroît de chaleur, nécessaire à la formation des taches, trouve sa cause dans la condensation locale des matériaux de la couronne et de la chromosphère. De plus, il faut admettre qu'une tache



est en même temps le centre d'une région de haute pression qui s'oppose à ce que les gaz atteignent un niveau plus élevé où ils pourraient se combiner et donner lieu au phénomène de la radiation. Si le centre de pression n'existait pas, nous aurions des facules à la place d'une tache.

» On sait depuis longtemps que le spectre de la photosphère se retrouve identique avec lui-même dans la pénombre et le noyau des taches. La seule différence entre les nuages photosphériques et ceux qui composent le noyau consiste donc en un changement de température. La couleur

violette du noyau apporte une confirmation à cette nouvelle *théorie hyperthermique* des taches. Si le noyau était plus froid que la photosphère, sa couleur devrait se rapprocher de la partie rouge du spectre, tandis que c'est le contraire qui a lieu.

» La disposition rayonnante de la pénombre prouve aussi l'existence d'un centre de pression dans le noyau de la tache. Cette disposition rayonnante existe encore dans les nuages photosphériques aux abords de la pénombre, ainsi que le montre mon dessin. C'est la première fois que pareille constatation a été faite. L'observation dira jusqu'à quel point cette forme est générale. »

GÉOMÉTRIE. — *Courbes normales trigonales du plan.* Note de M. F. Amodeo.

« J'ai l'honneur de communiquer à l'Académie des Sciences un nouveau théorème, que mes dernières recherches sur les courbes algébriques, classées d'après leur *gonalité*, m'ont permis d'ajouter aux théorèmes connus sur la représentation des courbes d'un *genre* donné, au moyen de courbes planes, qui ne soient pas les projections de courbes de même ordre, appartenant à un espace d'un plus grand nombre de dimensions, autrement dit au moyen de courbes *normales* du plan. On sait que MM. Brill et Nöther ont démontré (*Math. Ann.*, t. VII) un théorème dont on déduit (*cf.* Picard, *Traité d'Analyse*, t. II, p. 453) que toute courbe du genre p, à modules généraux, admet comme représentation plane *normale* une courbe de l'ordre $n = p - \pi + 2$, où l'on doit faire $p = 3\pi, 3\pi + 1, 3\pi + 2$. D'un autre côté on a démontré que toutes les courbes hyperelliptiques du genre p ont pour représentation normale dans le plan les courbes de l'ordre $p + 2$ avec un point $p-$ ple. Les deux résultats ne coïncident que pour les courbes des genres 1 et 2, qui sont les seules courbes hyperelliptiques à modules généraux. Lorsqu'on passe des courbes hyperelliptiques aux courbes de gonalités $k > 2$, le premier des deux théorèmes cités ne peut donner que la représentation des courbes des genres $2k - 2$ et $2k - 3$, puisque celles ci sont les seules courbes normales pour le plan, des courbes de gonalité $k > 2$. Le problème, croyons-nous, n'est pas facile, parce qu'il ne semble pas que la représentation normale des dernières courbes soit aussi uniforme que pour les courbes hyperelliptiques. Je suis cependant parvenu à faire un pas vers la résolution de ce problème en trouvant que les courbes trigonales,

c'est-à-dire celles qui peuvent être représentées au moyen de surfaces de Riemann à trois feuillets, et qui ne sont ni hyperelliptiques, ni rationnelles, peuvent être représentées dans le plan par des courbes normales de deux types, suivant que leur genre est pair ou impair. Mon théorème, dont la démonstration paraîtra prochainement dans les *Annali di Matematica*, peut s'énoncer comme il suit :

» *Toute courbe trigonale* (par conséquent de genre $p \geqq 3$) *peut être représentée au moyen d'une courbe normale du plan, de l'ordre* $\frac{p}{2}+3$ *ou* $\frac{p-1}{2}+3$, *selon que p est pair ou impair. La courbe normale doit avoir un point* $\frac{p}{2}$ — *ple et un seul point double dans le premier cas, et ne doit avoir, dans l'autre cas, qu'un point* $\frac{p-1}{2}$ — *ple.* »

MÉCANIQUE. — *Sur le mouvement d'un fil dans l'espace.* Note de M. G. **Floquet.**

« Étant donné un fil flexible et inextensible, soient s l'abscisse curviligne d'un quelconque M de ses points et m le produit de l'épaisseur du fil en M par la densité en ce point. Supposons que chaque élément $m\,ds$ soit sollicité par une force extérieure $\mathrm{F}m\,ds$ et désignons par T la tension en M à l'époque t, tension qui sera positive.

» J'ai indiqué une méthode ([1]) qui ramène à l'intégration de certaines équations aux dérivées partielles la recherche des mouvements possibles du fil. Elle est basée sur la considération du trièdre qui est lié de la manière suivante à la courbe que forme le fil à l'époque t : ses arêtes $\mathrm{M}x$, $\mathrm{M}y$, $\mathrm{M}z$ sont la tangente positive, la normale principale dirigée vers le centre de courbure et la binormale menée dans un sens tel que les axes $\mathrm{M}x$, $\mathrm{M}y$, $\mathrm{M}z$ présentent la disposition directe employée pour représenter les rotations.

» Parmi les équations en question se trouvent les neuf suivantes :

$$(1)\quad \left\{\begin{array}{lll} \dfrac{\partial p}{\partial s}-\dfrac{\partial p_1}{\partial t}=qr_1, & \dfrac{\partial \xi}{\partial s}=\eta r_1, & m\left(\dfrac{\partial \xi}{\partial t}+q\zeta-r\eta\right)=\dfrac{\partial \mathrm{T}}{\partial s}+m\mathrm{X}, \\ \dfrac{\partial q}{\partial s}=rp_1-pr_1, & \dfrac{\partial \eta}{\partial s}=r-\xi r_1+\zeta p_1, & m\left(\dfrac{\partial \eta}{\partial t}+r\xi-p\zeta\right)=\mathrm{T}r_1+m\mathrm{Y}, \\ \dfrac{\partial r}{\partial s}-\dfrac{\partial r_1}{\partial t}=-qp_1, & \dfrac{\partial \zeta}{\partial s}=-\eta p_1-q, & \dfrac{\partial \zeta}{\partial t}+p\eta-q\xi=\mathrm{Z}; \end{array}\right.$$

([1]) *Comptes rendus*, 14 octobre 1892.

p, q, r désignent les projections sur Mx, My, Mz de la rotation instantanée du trièdre, ξ, η, ζ celles de la vitesse du point M et X, Y, Z celles de la force F rapportée à l'unité de masse; quant à r_1 et p_1, ils ne sont autres que la courbure $\frac{1}{\rho}$ et la torsion changée de signe $-\frac{1}{\tau}$.

» Lorsque le mouvement du fil a lieu dans un plan, les équations (1) se réduisent aux quatre équations de Resal. Lorsqu'il consiste en un simple glissement sur une courbe fixe, elles conduisent aux trois équations bien connues

$$(2)\qquad m\frac{dv}{dt} = \frac{\partial T}{\partial \sigma} + mX, \qquad mv^2 - T = m\rho Y, \qquad Z = 0,$$

où v désigne la vitesse et σ la somme $s + \int_0^t v\,dt$.

» Supposant que X, Y, Z dépendent uniquement de la vitesse v de l'élément du fil

$$X = \varphi(v), \qquad Y = \psi(v), \qquad Z = \varpi(v),$$

et regardant m comme constant, je vais chercher s'il existe un mouvement pouvant se représenter par le glissement du fil le long d'une hélice animée d'un mouvement de translation rectiligne parallèle aux génératrices du cylindre correspondant.

» La condition pour qu'il en soit ainsi est que le fil admette une hélice comme figure de repos apparent relative à des axes (O) animés d'un mouvement de translation rectiligne parallèle au cylindre, quand les forces agissant sur un élément sont la force $Fm\,ds$ et la force centrifuge due à la translation. Or, i désignant l'angle aigu constant sous lequel l'hélice coupe les génératrices, soit w la vitesse de translation des axes (O), comptée sur la génératrice dans le sens qui fait l'angle i avec Mx. Les projections sur Mx, My, Mz de la résultante à considérer sont alors

$$\varphi(v) - \cos i\frac{dw}{dt}, \quad \psi(v), \quad \varpi(v) + \sin i\frac{dw}{dt}.$$

» Par suite, u désignant la vitesse de glissement, la condition énoncée est que l'on puisse satisfaire aux trois équations (2), qui sont ici

$$(3)\qquad \begin{cases} m\dfrac{du}{dt} = \dfrac{\partial T}{\partial \sigma} + m\varphi(v) - m\cos i\dfrac{dw}{dt}, \\ mu^2 - T = m\rho\psi(v), \\ \varpi(v) + \sin i\dfrac{dw}{dt} = 0, \end{cases}$$

en mettant pour u et w des fonctions de t, pour ρ une fonction de σ et pour T une fonction positive de t et de σ; dans ces équations, v représente le radical $\sqrt{u^2 + 2uw\cos i + w^2}$, qui exprime la vitesse absolue. Lorsque $\psi(v)$ n'est pas nul, on satisfait aux équations (3), et de la manière la plus générale, en posant $\rho = n\sigma + a$, n et a étant deux constantes arbitraires, puis déterminant u et w par l'intégration du système

$$(4)\qquad \begin{cases} \dfrac{du}{dt} = \varphi(v) - n\psi(v) + \cot i\varpi(v), \\ \dfrac{dw}{dt} = -\operatorname{cosec} i\varpi(v), \end{cases}$$

après s'être donné arbitrairement les valeurs initiales u_0 et w_0, et en prenant enfin

$$T = m[u^2 - (n\sigma + a)\psi(v)].$$

» Si maintenant $\psi(v)$ est identiquement nul, ρ disparaît des formules et devient lui-même arbitraire; u et w sont encore donnés par le système (4); quant à T, il se réduit à mu^2.

» *Le mouvement considéré existe donc, en tout cas, d'une infinité de manières. Quand $\psi(v)$ n'est pas nul, il se produit seulement sur un cylindre ayant pour section droite une spirale logarithmique, arbitraire d'ailleurs et qui peut être réduite à une circonférence; quand $\psi(v)$ est nul, il est possible sur un cylindre à section quelconque. L'hélice est elle-même arbitraire sur le cylindre, et les vitesses initiales de translation et de glissement le sont aussi.*

» La translation ne peut être uniforme que si $\varpi(v)$ est identiquement nul : w est alors une constante arbitraire. Comme on peut la prendre égale à zéro, on voit que, *quand $\varpi(v)$ est nul, il existe toujours une figure de repos apparent qui est une hélice cylindro-conique quelconque.*

» On peut, du reste, obtenir d'autres mouvements du fil. Prenons, par exemple, $\varphi(v)$, $\varpi(v)$ nuls et $\psi(v)$ de la forme $\alpha v^2 + \beta v + \gamma$. Si l'on pose $\frac{3}{2\alpha} = R$, les équations (1) sont vérifiées quand on y fait

$$r_1 = \frac{1}{R}, \qquad p_1 = 0, \qquad \xi = 0, \qquad y = 0, \qquad \zeta = a\cos\left(\frac{S}{R} - \lambda\right) - \beta R,$$
$$p = -\frac{a}{R}\cos\left(\frac{S}{R} - \lambda\right), \qquad q = \frac{a}{R}\sin\left(\frac{S}{R} - \lambda\right), \qquad r = 0,$$
$$T = -\frac{m}{2}(v^2 + 2R\gamma),$$

R, a et λ désignant des constantes arbitraires. Supposons α positif et γ

négatif. Pour les valeurs de a telles que $\zeta^2 + 2R\gamma$ ne soit jamais positif, ces formules définissent le mouvement suivant : *le fil a constamment la forme d'une circonférence de rayon* R ; *il tourne uniformément autour d'une droite de son plan, fixe dans l'espace, avec la vitesse angulaire* $\frac{a}{R}$; *la surface trajectoire est ainsi un tore qui, lorsque* β *est nul, se réduit à une sphère.* »

PHYSIQUE. — *Sur deux groupes remarquables de lieux géométriques.* Note de M. E. **Mathias**, présentée par M. G. Lippmann.

« 1. Dans son beau travail expérimental sur l'acide carbonique (¹), M. Amagat a considéré, dans le plan des (p, v), le lieu des points tel que, pour un poids total de liquide et de vapeur saturée égal à l'unité, le volume du liquide soit constamment égal à celui de la vapeur. D'après ce savant, ce lieu serait « rigoureusement une ligne droite presque perpendiculaire » à l'axe des abscisses ». On peut démontrer directement que *ce lieu est une courbe constamment convexe vers l'axe des abscisses, qui est la seule des courbes définies par la constance des rapports du volume et de la vapeur coupant la courbe de saturation au point critique sous un angle fini.*

» On a, en effet,

$$\frac{dp}{dv} = -\frac{1}{\alpha}[\Delta - \alpha(\Theta - T)]^2 \frac{dp}{dt}, \qquad T = 273 + t,$$

α étant le coefficient angulaire du diamètre rectiligne, Δ et Θ étant respectivement la densité critique et la température critique absolue. On voit donc que $\frac{dp}{dv}$ est toujours positif, et qu'à température suffisamment basse il tend vers zéro en même temps que $\frac{dp}{dt}$. A la température critique on a

$$\left(\frac{dp}{dv}\right)_c = -\frac{\Delta^2}{\alpha}\left(\frac{dp}{dt}\right)_c.$$

» On forme de même sans difficulté l'expression $\frac{d^2p}{dt^2}$, et une discussion attentive montre que cette expression ne peut s'annuler et est toujours positive; le lieu considéré n'a donc pas de point d'inflexion, le coefficient angulaire de la tangente allant toujours en croissant avec la température

(¹) E.-H. Amagat, *Journal de Physique*, 3e série, t. I, p. 288; 1892.

depuis zéro jusqu'à $-\frac{\Delta^2}{\alpha}\left(\frac{dp}{dt}\right)_c$. Comme, d'autre part, l'abscisse du lieu

$$v = \frac{2uu'}{u+u'},$$

dans laquelle u et u' sont les volumes spécifiques du liquide et de la vapeur saturée à $t°$, varie entre les $\frac{2}{3}$ du volume critique et le volume critique, il s'ensuit que, sur une très grande étendue, le lieu considéré est extrêmement rapproché de sa tangente au point critique; on s'explique donc très bien comment, entre 0° et 31°, M. Amagat a, *par construction graphique*, identifié ce lieu avec une droite presque perpendiculaire à l'axe des abscisses.

» 2. Parmi les *courbes de titre constant*, c'est-à-dire telles que, pour un poids total du liquide et de la vapeur égal à l'unité, le poids de la vapeur soit constant, il en est une, et une seule, qui rencontre la courbe de saturation sous un angle fini; c'est celle qui correspond à des poids égaux du liquide et de la vapeur (¹). Il est remarquable qu'elle aussi ait pour coefficient angulaire de la tangente au point critique

$$-\frac{\Delta^2}{\alpha}\left(\frac{dp}{dt}\right)_c.$$

» Les lieux précédents, dont les abscisses sont respectivement

$$v = \frac{2uu'}{u+u'} \quad \text{et} \quad v' = \frac{u+u'}{2},$$

sont tangents au point critique à un troisième lieu dont l'abscisse v'' satisfait aux relations

$$v''^2 = vv' = uu'.$$

» On déduit de là une construction géométrique très simple des lieux d'abscisses v et v'' connaissant la courbe de saturation et le lieu d'abscisse v' qui n'est autre que le diamètre conjugué des cordes horizontales.

» 3. On peut tracer dans le plan de la *courbe des densités* des lignes qui ont la plus étroite analogie avec les lieux d'abscisses v, v' et v''.

» En effet, la courbe des densités est l'analogue de la courbe de saturation; d'autre part le diamètre rectiligne

$$y = \frac{\delta+\delta'}{2}$$

(¹) Raveau, *Journ. de Phys.*, 3e série, t. I, p. 461; 1892.

est le lieu des points tels que l'ordonnée est la densité moyenne d'un mélange de liquide et de vapeur lorsque ceux-ci ont leurs volumes égaux.

» Quant au lieu

$$z = \frac{2\delta\delta'}{\delta + \delta'},$$

son ordonnée donne, pour chaque valeur de t, la densité moyenne d'un mélange de liquide et de vapeur tel que les poids du liquide et de la vapeur sont égaux.

» Or les lieux d'ordonnées y et z sont tels que l'on ait

$$x^2 = \delta\delta' = yz,$$

en désignant par x l'ordonnée d'un nouveau lieu géométrique qui a, avec les précédents, les mêmes relations que les lieux d'abscisses v, v' et v'' du plan des (p, v) et qui, de même que le lieu d'ordonnée z, est tangent au diamètre rectiligne à la température critique. »

PHYSIQUE. — *Sur la discontinuité de l'émission cathodique* (¹).
Note de M. **P. Villard**, présentée par M. J. Violle.

« L'émission cathodique d'un tube de Crookes est un phénomène discontinu, aussi bien dans le cas où l'on se sert d'une machine statique qu'avec la bobine de Ruhmkorff ordinaire ou un transformateur.

» I. *Cas des courants alternatifs.* — Le tube de Crookes est mis en activité par le courant secondaire d'une bobine d'induction dont le primaire est parcouru par un courant alternatif. L'anode est placée dans un tube latéral étroit, ce qui arrête l'une des alternances. Le faisceau cathodique traverse un diaphragme à ouverture étroite et donne sur la paroi de l'ampoule une tache fluorescente très nette et de petites dimensions (de 1^{mm} à 4^{mm}).

» Un champ tournant, produit au moyen d'une dérivation du courant primaire (42 périodes), dévie le faisceau et tend à faire parcourir à la tache fluorescente un arc de circonférence correspondant à la fraction de

---

(¹) La majeure partie de ce travail a été faite, il y a environ un an, au Laboratoire de Physique de la Faculté de Médecine. Je suis heureux de remercier ici M. Broca de sa très cordiale hospitalité.

période pendant laquelle le tube fonctionne. Si l'émission cathodique était continue, la périodicité du phénomène, jointe à la persistance des impressions, ferait voir l'arc de circonférence en question comme un ruban lumineux continu et fixe. On observe au contraire une série de taches lumineuses distinctes, en nombre variable avec l'état du tube, paraissant quelquefois fixes pendant plusieurs secondes, et distribuées circulairement. L'émission cathodique est donc discontinue; elle se compose d'une série d'émissions partielles également déviées, c'est-à-dire à potentiel constant; ces décharges successives sont d'autant plus nombreuses, et occupent par suite une fraction d'autant plus grande de la demi-période utile, que le tube est moins résistant.

» Chaque tache lumineuse correspondant à une décharge partielle est allongée dans le sens de la rotation du champ : elle présente des appendices indiquant qu'au début et à la fin de l'émission les rayons sont plus déviés qu'au milieu. Ceux du début sont les moins intenses.

» La courbe figurative du potentiel de décharge pour une demi-période présenterait donc un palier correspondant à l'ensemble des émissions, avec une légère surélévation pour chaque groupe de rayons.

» II. *Cas d'une bobine à interrupteur.* — Le tube est disposé comme précédemment; les interruptions du courant primaire (source continue) de la bobine sont produites par un diapason dont la période soit un sous-multiple de celle du champ tournant. Les taches lumineuses produites par les décharges paraissent ainsi immobiles. La forme de chacune de ces taches est la même que précédemment.

» Dans ces expériences le champ n'était pas assez intense pour dissocier chaque décharge partielle. Mais les travaux de M. Birkeland nous apprennent que cette dissociation donnerait un spectre cathodique discontinu. Les rayons inégalement déviables étant émis successivement d'après ce qu'on vient de voir, il résulte de là que chaque décharge partielle est elle-même formée de plusieurs décharges distinctes, de durée inappréciable, dont chacune correspond à une chute de potentiel particulière.

» III. *Cas de la machine statique.* — Avec une machine statique, munie ou non d'un condensateur, la décomposition du courant se produit comme avec l'alternatif, à cela près que les taches lumineuses sont régulièrement distribuées sur toute une circonférence. Le résultat est le même si le tube est relié seulement à un condensateur chargé [1]. La fréquence

---

[1] Ce mode assez singulier d'excitation du tube m'a été indiqué par M. H. Buisson.

des décharges dépend de l'état du tube et surtout de la surface de l'anode.

» L'absence de périodicité rend difficile l'analyse de chaque décharge, mais un autre phénomène se manifeste, qui n'est pas sans intérêt. La machine munie d'un condensateur étant en activité, si l'on vient à l'arrêter, l'émission cathodique cesse au bout de quelques instants, mais le condensateur reste chargé. Si l'on accélère au contraire la rotation des plateaux, il arrive un moment où le condensateur se décharge brusquement dans le tube, avec un bruit sec. L'émission qui se produit alors donne des rayons plus déviables, c'est-à-dire moins énergiques qu'auparavant, et même si la capacité du condensateur est grande (1000 U.C.G.S. par exemple), toute fluorescence de l'ampoule disparaît et le gaz résiduel s'illumine en masse.

» L'émission cathodique régulière, à potentiel constant, apparaît ainsi comme analogue à l'aigrette qui se produit à l'air libre entre les boules trop écartées d'un excitateur. La déperdition qui en résulte empêche que le potentiel explosif ne soit atteint, mais ne décharge pas un condensateur relié à la machine. Le second mode de décharge est au contraire comparable à l'étincelle disruptive. »

PHYSIQUE. — *Sur la perméabilité de la silice fondue pour l'hydrogène* (1). Note de M. **P. Villard**, présentée par M. J. Violle.

« La silice fondue, chauffée au rouge, est perméable à l'hydrogène comme le platine, mais à un moindre degré. Pour observer le phénomène on chauffe vers 1000°, dans la flamme d'un bec Bunsen, un tube en silice relié à un petit manomètre et dans lequel on a fait le vide. Au bout d'une demi-heure, la pression intérieure atteint plusieurs millimètres. Au bout d'une journée, elle s'élève à plusieurs centimètres. On peut faire ressortir le gaz introduit en chauffant à nouveau le tube, après l'avoir entouré d'un manchon de platine dans lequel l'air circule librement. Il est facile de vérifier que le gaz dont il s'agit est de l'hydrogène sensiblement pur; il suffit d'adjoindre à l'appareil précédent un petit tube de platine. Le gaz qui s'est introduit en chauffant la silice dans la flamme peut être extrait par le tube de platine chauffé au rouge à l'abri des gaz de la flamme, et le manomètre revient au zéro (2).

---

(1) Travail fait au Laboratoire de Chimie de l'École Normale supérieure.

(2) M. P. Chappuis a bien voulu me communiquer de très intéressantes observa-

» Cette perméabilité augmente beaucoup si l'on atteint la température de ramollissement de la silice; elle explique pourquoi une ampoule en silice fondue, soufflée au bout d'un tube de même matière, émet un son musical assez fort quand on la chauffe à 1500°. Le même effet ne s'obtient avec le verre qu'à la condition d'y introduire une goutte d'eau ([1]). Dans le cas de la silice, l'eau résulte de la combustion de l'hydrogène qui traverse les parois. Si l'on chauffe tout l'appareil, on empêche la condensation rythmée de cette eau et l'ampoule devient silencieuse. »

PHYSIQUE. — *Sur la résistance de la silice fondue aux variations brusques de température* ([2]). Note de **M. Dufour**, présentée par M. J. Violle.

« Dans sa dernière Note, M. H. Le Chatelier annonce que la silice fondue doit pouvoir résister sans rupture à des changements très brusques de température, comme conséquence de sa faible dilatation.

» J'avais constaté cette résistance, sans en connaître la raison. On peut chauffer un tube en quartz fondu, aussi mal fait qu'il soit, à une température aussi élevée qu'on le veut, et le plonger aussitôt dans de l'eau froide, sans qu'il présente trace de rupture.

» Il est d'ailleurs très heureux que la silice fondue possède cette propriété, sans quoi je n'aurais jamais pu arriver à faire des tubes de cette matière.

» Voici le mode de fabrication que j'emploie : le quartz est étonné, puis on le fond en baguettes de 1^{mm} de diamètre environ. C'est là l'opération la plus pénible.

» Pour faire un tube, on enroule ces baguettes en hélice dont les spires sont collées les unes aux autres; puis on fond le tout. Le tube est fait à la façon d'un canon de fusil.

» On peut alors très commodément lui donner la forme que l'on veut, le souffler, boucher les trous qui peuvent y rester, le souder, etc. Grâce à la résistance aux brusques variations de température qu'offre la silice fondue, un objet se fera en plusieurs temps.

---

tions, le conduisant également à admettre que la silice chauffée est perméable à l'hydrogène.

([1]) Expérience de de La Rive (1802).

([2]) Travail fait au Laboratoire de Physique de l'École Normale.

» Réchauffé en atmosphère oxydante, il conserve sa transparence. En atmosphère réductrice, il éprouve une dévitrification, facile d'ailleurs à faire disparaître. »

ÉLECTRICITÉ. — *Sur le télégraphone.* Note de M. **Valdemar Poulsen**, présentée par M. Mascart.

« Le nouvel appareil, appelé le *télégraphone*, permet d'enregistrer à distance et de reproduire la parole et, en général, les sons quelconques, par des procédés purement électriques. C'est une application du phénomène connu sous le nom de *magnétisme rémanent*.

» Pour enregistrer la parole, on dispose un petit électro-aimant dans le circuit primaire ou secondaire d'un poste téléphonique. Entre les pôles de cet électro-aimant on déplace, par un dispositif mécanique quelconque, d'un mouvement uniforme et continu, un fil ou un ruban d'acier. Le champ magnétique dans lequel se meut ce ruban ou fil d'acier varie à chaque instant en fonction du courant ondulatoire engendré par la parole, et il en résulte que le fil ou ruban d'acier reçoit, aux différents points de sa longueur, une succession d'aimantations transversales dont le sens et la grandeur sont également fonction de ce courant. En résumé, on a ainsi enregistré les variations d'aimantation produites par le courant ondulatoire dans le noyau de l'électro-aimant, c'est-à-dire que l'on a fixé, en quelque sorte, la courbe magnétique de la parole elle-même.

» Ce dispositif étant évidemment réversible, il suffira, pour reproduire la parole, de placer un téléphone en série avec l'électro-aimant qui a servi à l'enregistrement et de faire passer, entre les pôles de cet électro-aimant, le fil ou ruban d'acier sur lequel on a produit des empreintes magnétiques. Les phénomènes se succèdent alors dans l'ordre inverse. Les courants ondulatoires induits par les variations d'aimantation du noyau de l'électro-aimant au passage de la bande d'acier ont pour effet de reproduire la parole dans le récepteur téléphonique.

» Pour effacer l'enregistrement, il suffit de faire passer un courant continu dans les spires de l'électro-aimant, qui sert alternativement d'enregistreur et de récepteur : la bande est alors prête à recevoir une nouvelle empreinte.

» Il n'entre pas dans le caractère de cette Note de considérer les applications diverses auxquelles ce principe est susceptible de se prêter. Nous

nous bornerons à signaler une expérience fort curieuse réalisée par M. Pedersen : c'est l'enregistrement de deux conversations sur un même fil d'acier et leur tri.

» Le principe de cette expérience consiste à employer, comme organes d'enregistrement ou de réception, des groupes de plusieurs électro-aimants dont les enroulements sont combinés de telle façon que chaque groupe soit insensible à l'enregistrement magnétique produit par l'autre. C'est le cas, par exemple, de deux groupes composés, le premier de deux électros reliés en série et le second de deux électros reliés en opposition. Dans ces conditions, on peut superposer les enregistrements produits par ces deux groupes et les démêler à volonté. La superposition des deux courbes magnétiques a, en effet, pour conséquence de produire, en chaque point de la bande d'acier, une résultante magnétique; mais, comme une des deux composantes se trouve toujours neutralisée par l'un des organes récepteurs, on a le moyen de recueillir à volonté, suivant que l'on fait usage de tel ou de tel organe récepteur, la première ou la deuxième série des composantes, c'est-à-dire la première ou la deuxième conversation. »

CHIMIE. — *Sur le développement et la propagation de l'onde explosive.* Note de M. **H. Le Chatelier.**

« Au cours de recherches sur la détonation de l'acétylène ([1]) nous avons eu l'occasion de constater, M. Berthelot et moi, que la méthode photographique se prêtait à l'étude de l'onde explosive. Sur le conseil de M. Berthelot, j'ai appliqué cette méthode à l'étude des particularités que peut présenter le développement et la propagation de cette onde. Mes expériences ont porté sur des mélanges d'acétylène avec l'oxygène et les composés oxygénés de l'azote et sur le mélange tonnant de l'oxyde de carbone avec l'oxygène.

» *Développement de l'onde explosive.* — Les mélanges d'acétylène et d'oxygène allumés avec une étincelle électrique prennent immédiatement des vitesses de propagation de la flamme très grandes de plusieurs centaines de mètres par seconde, et cette vitesse s'accélère rapidement jusqu'à dépasser un millier de mètres; puis l'onde explosive caractérisée par une vitesse plus

([1]) *Ann. de Phys. et de Chim.*, t. XX, p. 15; mai 1900.

grande encore et rigoureusement uniforme prend brusquement naissance. Le phénomène initial est tout différent de celui que l'on observe avec les mélanges d'hydrogène, de sulfure de carbone dans lesquels la vitesse initiale ne dépasse pas une trentaine de mètres. En remplaçant dans les mélanges d'acétylène l'oxygène par du protoxyde ou du bioxyde d'azote, l'allure générale n'est pas sensiblement modifiée. Dans le cas des mélanges d'oxyde de carbone et d'oxygène, l'inflammation par une étincelle donne des vitesses initiales très lentes, de quelques mètres par seconde seulement, trop lentes pour être enregistrées avec un dispositif expérimental dans lequel la plaque photographique se déplace à raison de $8^{m},50$ par seconde. En allumant ce mélange avec une petite amorce de poudre chloratée on obtient de suite des vitesses d'un millier de mètres par seconde, mais cependant l'onde explosive n'arrive pas encore à prendre naissance; la vitesse limite encore variable se maintient aux environs de 1300^{m} par seconde.

» Dans le cas des mélanges d'acétylène enfermés dans un tube de 10^{mm} de diamètre et allumés avec une étincelle électrique, l'onde explosive a spontanément pris naissance après les parcours suivants de la flamme :

$2C^2H^2 + O^2$	1^{m}	$C^2H^2 + 2AzO$	$0^{m},20$
$C^2H^2 + O^2$	0,05	$C^2H^2 + 6AzO$	0,50
$C^2H^2 + 6O^2$	0,15	$C^2H^2 + 2Az^2O$	1,00
$C^2H^2 + 10O^2$	0,80	$C^2H^2 + 6Az^2O$	0,10

» Il n'y a, dans aucun cas, continuité entre la période variable et l'onde explosive. Celle-ci prend naissance à une certaine distance en avant de la flamme à vitesse variable, à $0^{m},05$ dans le mélange $C^2H^2 + O^2$. Ce fait est accusé par un ressaut de la courbe photographique enregistrée; le prolongement de la droite correspondant à l'onde vient couper la ligne courbe correspondant à la vitesse variable un peu avant son extrémité. Dans cette période variable, la flamme est précédée d'une onde comprimée qui marche devant elle avec une vitesse égale, comme le font à la surface de l'écran les ondulations qui précèdent la proue d'un navire. Une fois l'onde explosive développée, les deux phénomènes se superposent, c'est-à-dire que le front de l'onde comprimée coïncide avec la tranche gazeuse en combustion, au lieu de la précéder.

» Au point où l'onde explosive prend naissance, la masse gazeuse devient immédiatement obscure et perd toute action photogénique par suite du

refroidissement rapide consécutif de la détente; cette masse sombre se promène ensuite de droite et de gauche dans le tube sous l'influence des mouvements vibratoires. Sur le parcours ultérieur de l'onde explosive, le même refroidissement ne se produit pas parce que chaque tranche gazeuse, avant de brûler, a reçu de la tranche précédente une quantité d'énergie égale à celle qu'elle cède à la suivante. Il n'y a que la première tranche qui se trouve dans des conditions différentes.

» *Vitesse de l'onde explosive.* — Les mêmes expériences ont permis de mesurer la vitesse de l'onde explosive sur un chemin parcouru de 1 mètre seulement. Voici à titre d'indications quelques-uns des résultats obtenus; ils n'ont pas la même précision que ceux de MM. Berthelot et Vieille obtenus avec des tubes d'un grand nombre de mètres de longueur.

$2C^2H^2 + O^2$......	2160^m^	$C^2H^2 + 2Az^2O$......	2580^m^
$1,5C^2H^2 + O^2$......	2510	$C^2H^2 + 6Az^2O$......	2400
$C^2H^2 + O^2$......	2920		
$C^2H^2 + 3O^2$.....	2220		
$C^2H^2 + 4O^2$.....	2190	$C^2H^2 + 2AzO$.......	2850
$C^2H^2 + 6O^2$.....	1950	$C^2H^2 + 6Az^2O$......	2800
$C^2H^2 + 10O^2$....	1850	$CO + O$...........	1900

» *Mélanges limites.* — L'onde explosive ne peut pas se propager dans tous les mélanges combustibles, il est intéressant de voir ce qui se passe dans les mélanges à la limite de propagation. C'est le cas, parmi les mélanges étudiés plus haut, des trois suivants :

$$C^2H^2 + 10O^2 \qquad C^2H^2 + 6AzO \qquad CO + O.$$

Pour les deux premiers l'onde explosive s'éteint de temps en temps au passage des coudes, par exemple, ou des parties étranglées, et est remplacée par une propagation en vitesse variable notablement plus haute; puis celle-ci s'accélère à nouveau et finit par régénérer l'onde explosive.

» Dans le cas de l'oxyde de carbone et de l'oxygène, les phénomènes sont plus intéressants. L'onde explosive ne prend pas naissance spontanément, par conséquent, elle ne se régénère plus une fois éteinte. On peut la provoquer au moyen d'une amorce de fulminate de $0^{gr},05$; mais si la dose de fulminate est trop forte, $0^{gr},75$, par exemple, on ne l'obtient plus. L'onde comprimée par cette charge est trop rapide et ne peut être suivie par l'onde explosive du mélange gazeux qui reste en arrière et s'éteint,

par suite de l'agitation de la masse gazeuse. Voici les résultats obtenus :

Nature de l'amorce.	Mode de propagation.	Vitesse moyenne.
0gr,10 de poudre chloratée.......	variable	1280m
0,05 de fulminate..............	onde explosive	1900
0,75 de fulminate..............	ondulatoire	1210

» J'étudierai dans une prochaine Communication la propagation de différentes ondes condensées dans les gaz brûlés après l'achèvement de la combustion. »

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'acidité des alcools.* Note de M. DE FORCRAND.

« J'ai déterminé récemment [1] les coefficients d'influence suivants pour le carbone et l'hydrogène :

$$C = +3,01, \qquad H = -2,88,$$

et par suite :

$$CH = +0,13, \qquad CH^2 = -2,75. \qquad CH^3 = -5,63$$

en partant des valeurs obtenues pour l'eau, le glycol et l'eau oxygénée.

» La première idée qui vient à l'esprit est qu'en ajoutant, avec leurs signes, les coefficients précédents à la valeur $+34,07$ du OH, on devrait retrouver l'acidité que l'expérience indique pour les différents alcools.

» Cependant, en calculant ainsi, la série des alcools homologues monoatomiques normaux donnerait :

$$CH^3-OH \ldots\ldots\ldots\ldots \quad +34,07-5,63=+28,4$$
$$CH^3-CH^2-OH \ldots\ldots\ldots\ldots \quad +28,44-2,75=+25,69$$

et généralement

$$CH^3-(CH^2)^n-OH \ldots\ldots\ldots \quad +28,44-n\times 2,75$$

de sorte que l'alcool en C^{11} n'aurait plus aucune acidité. D'ailleurs les deux premiers nombres sont déjà certainement trop faibles, car j'ai trouvé $+32,51$ et $+31,10$ pour ces alcools pris à l'état *liquide*, et il n'est

(1) *Comptes rendus*, t. CXXX, p. 1620.

pas possible d'admettre pour leurs chaleurs de fusion ni $-5,41$, ni même $-4,07$, d'après les analogies.

» Il faut donc supposer que, du moins dans les chaînes ouvertes, l'influence de chaque atome ou radical diminue à mesure qu'il s'éloigne de OH, ce qui est tout à fait conforme aux idées admises.

» Pour savoir dans quelle mesure elle diminue, considérons deux ordres de composés très différents, les acides malonique et succinique d'une part, et le triméthylcarbinol de l'autre :

» Les acides malonique $\left(-\frac{CH^2}{2}-COOH\right)$ et succinique $(-CH^2-COOH)$ ont donné $+51,935$ et $+51,200$.

» La différence devrait être $\frac{2,75}{2}$ soit $1,375$. Elle est seulement de $0,735$, soit: $1,375 \times 0,535$.

» Le triméthylcarbinol fournit :

$$(CH^3)^3 \equiv C - OH \ldots\ldots\ldots\ldots \quad +27,21$$

or $\equiv C - OH$ donne à lui seul : $+34,07 + 3,01 = +37,08$. La différence devrait être de $3 \times 5,63$ pour les trois CH^3. Elle est seulement de $9,87$, soit $3 \times 3,29$. Or $3,29 = 5,63 \times 0,585$. Je prendrai la moyenne $0,56$ entre $0,535$ et $0,585$, et je proposerai la règle suivante :

» *Lorsqu'un groupement fonctionnel est lié, pour former une chaîne ouverte, à des atomes ou radicaux, leur influence n'est plus que* $\overline{0,56}^n$ *de leur influence normale, n étant leur rang dans la chaîne, compté à partir du groupement fonctionnel.*

» Appliquons cette règle aux alcools monoatomiques normaux :

$$H - CH^2 - OH \ldots \quad +34,07 - 2,75 - 0,56 \times 2,88 = +29,71$$

$$CH^3 - CH^2 - OH \ldots \quad +31,32 - 0,56 \times 5,63 = +28,17$$

$$CH^3 - CH^2 - CH^2 - OH \ldots \quad +31,32 - 0,56 \times 2,75 - \overline{0,56}^2 \times 5,63 = +28,02$$

$$CH^3 - CH^2 - CH^2 - CH^2 - OH \ldots \quad +31,32 - 0,56 \times 2,75 - \overline{0,56}^2 \times 2,75 - \overline{0,56}^3 \times 5,63 = +27,93$$

$$CH^3 - CH^2 - CH^2 - CH^2 - CH^2 - OH \ldots \quad +31,32 - 0,56 \times 2,75 - \overline{0,56}^2 \times 2,75 - \overline{0,56}^3 \times 2,75 - \overline{0,56}^4 \times 5,63 = +27,89$$

et, comme j'ai trouvé, pour les trois premiers (liquides), les nombres $+32,51$, $+31,10$ et $+30,59$, ces résultats conduiraient aux chaleurs de fusion suivantes : $-2,80$, $-2,93$, $-2,57$, très voisines de celles des acides gras correspondants et par conséquent très vraisemblables.

» La série de ces nombres aurait une limite voisine de +27,85. Ainsi l'acidité de ces alcools ne serait pas rigoureusement constante comme je l'avais admis dans mes anciennes expériences, mais très peu variable.

» Pour les alcools secondaires, les deux premiers termes en C^3 et C^4 donneraient :

$$\begin{matrix} CH^3 \\ CH^3 \end{matrix} \rangle CH - OH. \quad +34,07 + 0,13 - 2 \times 0,56 \times 5,63 = +27,90^{(1)}$$

$$\begin{matrix} CH^3 - CH^2 \\ CH^3 \end{matrix} \rangle CH - OH. \quad +34,07 + 0,13 - 0,56 \times 5,63 - 0,56 \times 2,75 - \overline{0,56}^2 \times 5,63 = +27,75$$

la limite serait voisine de +27,60.

» Le triméthylcarbinol $(CH^3)^3 \equiv C - OH$ donnant

$$+37,08 - 3 \times 0,56 \times 5,63 \ldots\ldots = +27,62$$

on voit que les trois alcools isomères en C^4 fourniraient :

primaire...	+27,93	secondaire...	+27,75	tertiaire...	+27,62
Différences...	−0,18	et	−0,13		

les acidités sont décroissantes, tandis que les groupements fonctionnels, considérés isolément, auraient une acidité croissante :

$-CH^2-OH$...	+31,32	$=CH-OH$...	+34,20	$\equiv C-OH$...	+37,08
Différences...	+2,88	et	+2,88		

» La valeur moyenne de la fonction de la glycérine peut être calculée de la manière suivante :

$$\begin{matrix} \frac{CH^2}{3} \\ \frac{CH}{3} \\ \frac{CH^2}{3} \end{matrix} \rangle OH + 34,07 - \tfrac{2}{3} \times 2,75 + \tfrac{1}{3} \times 0,13 \ldots\ldots \quad +32,28$$

or, j'ai trouvé +32,92 comme valeur approchée ([2]), en faisant remarquer qu'elle devait être un peu trop élevée.

([1]) J'ai trouvé +29,75 à partir de l'alcool *liquide;* d'où : chaleur de fusion −1,85.

([2]) *Comptes rendus*, t. CVI, p. 746, et t. CVII, p. 270.

» L'érythrite fournirait de même :

$$\left.\begin{matrix}\dfrac{CH^2}{2}\\ \dfrac{CH}{2}\end{matrix}\right> OH + 34,07 - \tfrac{1}{2} \times 2,75 + \tfrac{1}{2} \times 0,13 \ldots\ldots\ldots\ldots \quad +32,76$$

nombre qui n'a pu encore être vérifié par l'expérience.

» Ces valeurs seraient un peu supérieures à celles des alcools monoatomiques de la série méthylique

Alcools monoatomiques de......	+29,71 à +27,89	(de C à C^5)
Glycol........................	+31,32	»
Glycérine.....................	+32,28	»
Érythrite.....................	+32,76	»

ce qui est bien d'accord avec les chaleurs de neutralisation. »

CHIMIE ORGANIQUE. — *Hydrogénation de l'éthylène en présence de divers métaux réduits.* Note de MM. **Paul Sabatier** et **J.-B. Senderens.**

« Ainsi que nous l'avons établi dans une Communication antérieure (*Comptes rendus*, t. CXXIV, p. 1358; 1897), l'emploi du nickel récemment réduit permet de réaliser très facilement l'hydrogénation de l'éthylène : la réaction a lieu *dès la température ordinaire,* et se maintient indéfiniment avec dégagement de chaleur. En présence d'un excès d'hydrogène, l'éthylène disparaît entièrement et se transforme exclusivement en éthane. Il en est de même avec le métal chauffé; mais si sa température dépasse 300°, l'action spéciale du nickel sur l'éthylène intervient de plus en plus : il y a dépôt d'une certaine quantité de charbon, et les gaz à côté d'éthane et d'hydrogène libre renferment une proportion croissante de méthane, ainsi qu'une dose appréciable de carbures forméniques supérieurs partiellement condensables à l'état liquide.

» Plus récemment, nous avons montré que (comme le nickel) le fer, le cobalt, le cuivre réduits provoquent plus ou moins aisément, à température peu élevée, l'hydrogénation de l'acétylène (*Comptes rendus*, t. CXXX, p. 1559 et 1628; 1899), et la discussion des résultats obtenus nous a conduits à penser que ces métaux pourraient, avec des facilités très inégales, réaliser la combinaison de l'hydrogène et de l'éthylène. L'expérience a confirmé nos prévisions.

» *Cobalt.* — Sur du cobalt récemment réduit [1], on dirige un mélange bien réglé d'éthylène et d'hydrogène. Dès la température ordinaire, on observe une réaction immédiate avec production d'éthane, dans la partie antérieure du tube : la température du métal s'y élève jusqu'à 50° à 60°. Mais le phénomène ne se maintient pas, et l'échauffement local se transporte peu à peu vers l'extrémité postérieure du tube, puis cesse tout à fait : c'est que le cobalt, légèrement carburé par la réaction, est devenu moins actif et incapable de la poursuivre sans le secours d'un échauffement extérieur.

» Il suffit de chauffer le métal vers 100° à 150° pour rétablir la combinaison, qui se poursuit très longtemps si l'on maintient la température. Il ne se condense pas de produits liquides, mais l'odeur des gaz qui se dégagent y indique la présence d'une certaine quantité de carbures forméniques supérieurs. Dans une expérience effectuée à 170°, on avait :

Vitesse de l'hydrogène....................	73^{cc}	par minute.
Vitesse de l'éthylène......................	67	»
Somme des gaz qui arrivent...............	140	par minute.
Vitesse du gaz qui sort....................	83	»

» Ce gaz contient :

Éthane..	61,6
Hydrogène......................................	20,4
Éthylène..	1,0
	83,0

» On voit qu'il a disparu une certaine dose de carbone fixé sur le cobalt. Cette carburation du métal affaiblit peu à peu son activité et, à mesure que l'expérience se prolonge, la vitesse d'hydrogénation de l'éthylène diminue : pour un même régime du courant gazeux, la proportion d'éthylène qui demeure libre dans le mélange s'accroît peu à peu.

» Si l'on chauffe le cobalt au-dessus de 300°, on voit se déposer sur les parties froides du tube une petite quantité de carbures liquides forméniques. A ce moment, le méthane existe dans les gaz à côté de l'éthane et de quantités importantes d'hydrogène et d'éthylène non combiné.

» *Fer.* — Le fer, même réduit à température basse au-dessous de 400°, provoque beaucoup moins bien que le cobalt l'hydrogénation de l'éthylène. Aucune combinaison ne se produit à froid : ce n'est qu'au-dessus de 180° que l'union de ces deux gaz a lieu, d'autant plus lente que le métal est plus carburé.

» Dans une expérience effectuée dans les conditions les plus favorables au voisinage de 200°, on avait :

Vitesse de l'hydrogène...................	75^{cc}	par minute.
Vitesse de l'éthylène.....................	44	»
Somme des gaz qui arrivent sur le métal....	119	par minute.
Vitesse du gaz qui sort....................	100	»

[1] Le métal occupait dans le tube une longueur de $0^m,35$ à $0^m,40$.

» La diminution de volume est peu importante ; le gaz dégagé contenait :

Éthane	19,0
Hydrogène	55,9
Éthylène	25,1
	100,0

» On voit que plus de la moitié de l'éthylène a échappé à l'hydrogénation, bien que l'hydrogène fût en excès et que la vitesse absolue du mélange fût moindre que dans l'expérience citée plus haut pour le cobalt.

» Après quelque temps, l'activité du métal est devenue moindre : la formation d'éthane est de plus en plus restreinte.

» *Cuivre.* — On a opéré avec du cuivre réduit très léger, capable de réaliser dès 130° l'hydrogénation de l'acétylène. Ce métal froid n'exerce aucune action sur le mélange d'hydrogène et d'éthylène : il n'en a pas davantage à 150°. Ce n'est qu'à partir de 180° que la combinaison se manifeste. Au-dessous de 300°, on n'observe aucune condensation de produits liquides, même en opérant avec un excès d'éthylène. Il se produit de l'éthane, sans proportions appréciables de méthane, non plus que de carbures forméniques ou ethyléniques supérieurs.

» Dans une expérience effectuée à 225°, on avait

Vitesse de l'hydrogène	67cc par minute.
Vitesse de l'éthylène	43 »
Somme des gaz qui arrivent sur le cuivre	110cc par minute.
Vitesse du gaz qui sort	79 »

» Le gaz dégagé contenait :

Éthane	31,6
Hydrogène	36,1
Éthylène	11,3
	79,0

» Il n'y avait ni dépôt de charbon, ni réaction secondaire appréciable.

» Ces expériences montrent que, comme le nickel réduit, le cobalt, le cuivre, le fer réduits sont capables de provoquer l'hydrogénation de l'éthylène, mais leur activité est moindre. Tandis que le *nickel* réagit à froid et indéfiniment, le *cobalt* n'agit à froid que pendant un temps très limité : à chaud, son action est assez rapide, mais diminue au fur et à mesure de la carburation du métal.

» Le *cuivre* agit moins vite encore, et seulement au-dessus de 180° ; mais il ne s'altère pas et peut, dans ces conditions, servir très longtemps à effectuer la réaction.

» Le *fer* est de tous le moins convenable : au-dessus de 180°, il agit lentement et son activité, déjà médiocre au début, diminue peu à peu.

» Cette altération lente du cobalt et du fer par carburation dans le mélange d'éthylène et d'hydrogène conduit à penser que ces métaux doivent réagir dans une certaine mesure sur l'éthylène seul : nous aurons l'honneur de revenir sur ce sujet dans une prochaine Communication. »

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur des combinaisons cristallisées de l'acétylène avec le chlorure cuivreux et le chlorure de potassium.* Note de M. **Chavastelon.**

« Dans une précédente Communication ([1]) j'ai indiqué comment une même liqueur peut former, suivant la vitesse du courant d'acétylène, des cristaux jaune de chrome ou des cristaux incolores.

» J'ai montré qu'il était facile d'effectuer la transformation au sein de la liqueur mère des cristaux incolores en cristaux jaunes.

» On atteint, aussi bien et plus vite, un résultat identique en opérant sur les cristaux incolores eux-mêmes, par conséquent hors de la liqueur mère :

» 1° En lavant les cristaux incolores, successivement, avec de l'alcool à 85°, à 95° et avec de l'éther.

» L'alcool du premier lavage, agissant sur la liqueur mère adhérente aux cristaux, se teinte en rouge pourpre vif; celui des suivants et l'éther restent incolores.

» Mais au contact de l'éther les cristaux deviennent jaunes superficiellement; en renouvelant les surfaces par l'agitation on obtient un dépôt floconneux jaune qui augmente, jusqu'à disparition complète des cristaux incolores.

» L'éther a dissous de l'acétylène et des traces de chlorure cuivreux.

» 2° En lavant, à l'abri de l'air, les cristaux incolores avec la solution primitive, acide, de chlorure cuivreux dans le chlorure de potassium.

» Quel que soit le nombre des opérations, chaque fois, la liqueur, d'incolore, vire au jaune; en même temps le même volume des cristaux diminue et la totalité entre en solution.

» Une solution saturée à la température de 22° abandonne, par refroidissement à 13°, des cristaux jaunes.

» Des cristaux jaunes se forment également si l'on agite la solution saturée avec un excès de cristaux incolores.

» Les cristaux jaunes essorés, lavés à l'alcool et à l'éther, sont ensuite desséchés dans un courant d'acétylène sec.

([1]) *Comptes rendus*, 11 juin 1900.

» Les cristaux incolores, essorés, lavés ou non à l'acide chlorhydrique dilué ($\frac{1}{10}$ environ), essuyés entre des feuilles de papier buvard, sont également séchés dans un courant d'acétylène.

» Les cristaux incolores correspondent, d'après les résultats des analyses, à la formule

$$C^2H^2(Cu^2Cl^2)^2KCl,$$

Nombres.	C^2H^2 % en vol.	Cu %.	KCl %.	Cl total %.
Calculés.........	4514^{cc}	50^{gr},9	15,06	35,8
Trouvés.........	4489^{cc}	50^{gr},5	15,6	35,1

tandis que les cristaux jaunes seraient représentés par la formule

$$C^2H^2[(Cu^2Cl^2)^2KCl]^2,$$

Nombres.	C^2H^2 % en vol.	Cu %.	KCl %.	Cl total %.
Calculés.........	2317^{cc}	52,3^{gr}	15,4	36,8
Trouvés.........	2287^{cc}	52^{gr},0	15,8	37,1

» Dans ces derniers, la proportion d'acétylène est donc la moitié de celle contenue dans les cristaux incolores.

» Cette relation ne peut être établie par la dissociation sèche, parce que les cristaux incolores n'ont, jusqu'à une température voisine de leur point de fusion, qu'une tension de dissociation très faible. Mais il est possible d'utiliser, dans ce but, l'action de l'éther sur les cristaux incolores.

» Sur un poids connu de cristaux incolores, on verse une quantité suffisante d'éther, récemment distillé dans un courant d'acide carbonique; on laisse digérer dans un flacon plein et bien bouché, puis on agite jusqu'à transformation complète.

» On décante l'éther, on lave à l'éther le dépôt jaune; on réunit les liquides auxquels on ajoute une quantité suffisante d'une solution alcoolique d'azotate d'argent ammoniacal.

» On reçoit, sur leur filtre, le carbure d'argent formé, on le sèche à 90° et on le pèse.

» On contrôle les résultats par un dosage d'argent à l'état métallique.

» Du poids de carbure d'argent, ou d'argent, on déduit le volume d'acétylène enlevé aux cristaux incolores dont on connaît la teneur en acétylène.

» On trouve, à quelques centimètres cubes près, qu'en se transformant en cristaux jaunes, les cristaux incolores ont perdu la moitié de leur acétylène.

» Grâce à la très faible tension de dissociation à la température ordi-

naire des composés, incolores ou jaunes, on peut les déssécher dans une atmosphère d'acide carbonique sans constater de modification appréciable.

» Les cristaux jaunes sont plus solubles que les autres dans l'acide chlorhydrique étendu.

» Dans les deux cas, l'action de l'eau conduit au composé

$$C^2H^2.Cu^2Cl^2.Cu^2O.$$

» L'ammoniaque fournit de l'acétylure de cuivre.

» Nous sommes maintenant en mesure d'interpréter les faits observés, et cette interprétation fera l'objet d'une prochaine Communication. »

CHIMIE ORGANIQUE. — *Oxydation de l'anéthol et des corps analogues (isosafrol, isoapiol, etc.) renfermant également une chaîne latérale propénylique.* Note de M. **J. Bougault.**

« En faisant agir l'iode et l'oxyde jaune de mercure en solution alcoolique sur l'anéthol, j'ai oxydé ce dernier et l'ai transformé en un aldéhyde $C^{10}H^{12}O^2$ par fixation d'un atome d'oxygène.

» La même opération, faite avec les autres corps analogues à l'anéthol qui, comme lui, possèdent une chaîne latérale propénylique, m'a donné les mêmes résultats; d'où l'on peut déjà conclure que l'oxydation intéresse la chaîne latérale propénylique.

» La réaction a lieu suivant l'équation

$$C^{10}H^{12}O + HgO + I^2 = HgI^2 + C^{10}H^{12}O^2.$$

Elle est quantitative et peut servir de base à une méthode de dosage commune à tous ces corps. J'y reviendrai plus tard.

» Pour le moment, je m'occuperai seulement des produits de la réaction.

» *Aldéhyde* $C^{10}H^{12}O^2$. — On dissout 10^{gr} d'anéthol dans 50^{cc} d'alcool à 95° dans lequel on a préalablement délayé 15^{gr} de HgO. On ajoute de l'iode peu à peu, 1^{gr} à 2^{gr} à la fois, en agitant constamment. On attend, avant de faire une nouvelle addition, que l'iode précédemment ajouté ait été absorbé. Cette absorption est très rapide, et le HgO se convertit au fur et à mesure en HgI^2. En même temps la liqueur s'échauffe notablement; on refroidit, s'il est nécessaire, sous un courant d'eau. On arrête l'addition d'iode lorsqu'il cesse d'être absorbé. Ce résultat est atteint, avec des produits purs, lorsqu'on a ajouté $17^{gr},20$ d'iode pour 10^{gr} d'anéthol.

» On laisse alors refroidir complètement, puis on sépare à la trompe le HgI^2 déposé.

On le lave avec un peu d'alcool à 95° (10^{cc} environ). Puis on précipite la liqueur alcoolique par environ 200^{cc} d'eau contenant un peu de KI pour maintenir en dissolution le HgI^2 que l'alcool a retenu. S'il y a un petit excès d'iode, on l'élimine par SO^2.

» L'aldéhyde se sépare en un liquide incolore qu'on recueille par décantation. Pour le purifier, on le mélange avec un excès de solution de bisulfite de soude (à 30^{gr} environ de SO^2 pour 100^{cc}). Le tout se prend en masse. On fait dissoudre dans 200^{c} d'eau chaude et l'on filtre. L'aldéhyde-bisulfite de soude cristallise par refroidissement.

» On régénère enfin l'aldéhyde par addition de carbonate de soude à la solution chaude de sa combinaison bisulfitique.

» Cet aldéhyde est un liquide incolore, inodore, très réfringent. Il est facilement entraîné par la vapeur d'eau et ses vapeurs sont très piquantes. Il bout à 252°-254° (non corrigé) et peut être distillé à la pression ordinaire sans altération.

» Presque insoluble dans l'eau, peu soluble dans l'éther de pétrole, il est soluble dans l'alcool et surtout dans l'éther et le chloroforme.

» L'analyse de cet aldéhyde conduit à la formule $C^{10}H^{12}O^2$, que l'on peut écrire $CH^3O - C^6H^4 - C^2H^4 - CHO$, puisque l'oxydation porte sur la chaîne latérale propénylique.

» Par oxydation au moyen de l'oxyde d'argent alcalin, on obtient l'acide correspondant $C^{10}H^{12}O^3$ ou $CH^3O - C^6H^4 - C^2H^4 - CO^2H$.

» *Acide* $C^{10}H^{12}O^3$. — L'oxydation de l'aldéhyde se fait en employant les quantités théoriques réglées par l'équation

$$C^{10}H^{12}O^2 + Ag^2O + NaOH = C^{10}H^{11}NaO^3 + Ag^2 + H^2O.$$

» On délaie $23^{gr},20$ de Ag^2O dans 200^{cc} d'eau; on ajoute $16^{gr},40$ d'aldéhyde, puis, très lentement, la solution de soude (4^{gr} NaOH dans 100^{cc} d'eau). On se règle, pour faire les additions successives de soude, sur l'échauffement produit par la réaction : il importe qu'il soit le plus faible possible. Une réaction trop vive entraîne la résinification d'une grande partie et quelquefois de la totalité de l'aldéhyde.

» L'opération terminée, on filtre et l'on précipite par l'acide chlorhydrique dilué. L'acide se sépare sous forme d'une huile incolore qui ne tarde pas à cristalliser. On le purifie par cristallisation dans l'eau bouillante.

» Il fond à 57°. Il est très peu soluble dans l'eau froide, un peu soluble dans l'eau chaude, très soluble dans l'alcool et l'éther.

» Ses sels alcalins et alcalino-terreux sont très solubles dans l'eau.

» L'analyse de cet acide et de ses sels conduit à la formule $C^{10}H^{12}O^3$. Par oxydation il fournit l'acide anisique $CH^3O - C^6H^4 - CO^2H$, ce qui indique qu'il contient le radical $CH^3O - C^6H^4$, et permet d'écrire sa formule

$$CH^3O - C^6H^4 - C^2H^4 - CO^2H.$$

» Cet acide se trouve ainsi être isomère de deux acides connus qui, comme lui, ont la formule $CH^3O - C^6H^4 - C^2H^4 - CO^2H$, avec les chaînes latérales en situation para. La théorie ne prévoyant en tout que deux isomères, il y a là un cas curieux à étudier.

» J'ajoute, en terminant, que les aldéhydes obtenus, par le procédé

décrit plus haut, avec l'isosafrol, l'isométhyleugénol et l'isoapiol, ont les propriétés générales de l'aldéhyde préparé avec l'anéthol. Ils fournissent aussi par oxydation avec Ag^2O des acides correspondants qui sont cristallisés. L'acide, $C^{10}H^{10}O^4$, de l'isosafrol, fond à 80°; l'acide, $C^{11}H^{14}O^4$, de l'isométhyleugénol, fond à 60°; l'acide, $C^{12}H^{14}O^6$, de l'isoapiol, fond à 97°.

» Leur étude sera faite ultérieurement. »

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur un nouveau dérivé de la benzophénone.* Note de MM. **Œchsner de Coninck** et **Derrien** [1].

« Nous avons étudié l'action de quelques acides, des lumières indigo et violette et de la lumière du soleil sur la benzophénone.

» *a.* Si l'on dissout un peu de benzophénone dans l'acide formique cristallisable, et que l'on expose la liqueur à la lumière diffuse, il se produit bientôt une teinte jaune clair qui vire au jaune foncé. Au grand soleil, la teinte vire au brun clair, au brun rouge, puis au brun noir. Ces teintes se succèdent très rapidement. Les solutions de la benzophénone dans l'acide acétique étendu ou très concentré ne virent que très lentement au jaune pâle. La benzophénone, qui est peu soluble dans l'acide acétique étendu, s'y dissout à la longue sous l'influence des radiations solaires.

» *b.* Nous dissolvons un peu de benzophénone dans l'acide sulfurique ordinaire, et nous formons le dérivé monosulfoné. Au bout d'un certain temps, nous précipitons par l'eau; le précipité fond à 47°-48°, ce qui montre que la benzophénone est sortie inaltérée de la combinaison conjuguée. Nous avons ensuite préparé le dérivé disulfoné; celui-ci ne précipite que faiblement dans un grand excès d'eau, et se redissout peu à peu et partiellement.

» *c.* Exposée directement aux radiations indigo et violette pendant près de trois mois, la benzophénone ne tarde pas à fondre, et reste très longtemps en surfusion; quand elle redevient solide, elle fond toujours à 47°-48°. Elle n'est donc pas allotropisée dans ces conditions.

» *d.* Nous dissolvons 3^{gr} de benzophénone dans 60^{cc} d'alcool à 95°, trois fioles d'égal volume contenant chacune 20^{cc} de cette solution sont exposées l'une au grand soleil, la seconde à la lumière diffuse; la troisième est

(1) Institut de Chimie de la Faculté des Sciences de Montpellier.

placée dans l'obscurité; il ne se produit rien dans les deux dernières. La première a donné lieu à une série de phénomènes remarquables. Elle n'était insolée directement que l'après-midi. Dès le deuxième jour, elle a présenté une coloration jaune pâle, *disparaissant après que l'insolation avait cessé*. Cette coloration va en augmentant d'intensité, mais disparaît toujours avec le soleil, puisqu'elle arrive à un maximum d'intensité à la troisième ou quatrième journée. Alors se déposent des cristaux blancs, brillants et réfringents; le dépôt va en augmentant pendant quelques jours.

» En même temps on perçoit une forte odeur d'aldéhyde; nous avons vérifié sa présence au moyen de la fuchsine décolorée par SO^2. Les cristaux ont été lavés à l'alcool absolu, puis desséchés; ils fondent vers 182°, ils sont insolubles dans l'eau froide, l'eau chaude, l'alcool froid, un peu solubles dans l'alcool très concentré et bouillant, dans l'éther ordinaire froid, dans le sulfure de carbone pur, dans la ligroïne légère, très solubles dans l'éther bouillant. Ils ne s'altèrent pas à la lumière du soleil. L'analyse a fourni les nombres suivants :

	Trouvé. I.	Trouvé. II.	Théorie pour $C^{11}H^{16}O$.
C pour 100..........	86,70	85,86	86,44
H pour 100..........	6,82	7,40	6,77

» Nous avons été amenés à penser que, dans la première phase, 1 molécule d'aldéhyde réagit avec la benzophénone :

$$C^6H^5 - CO - C^6H^5 + CH^3 - CHO$$
$$= H^2O + C^6H^5 - C\left(CH - C\begin{matrix}{}^{/\!/}O \\ {}_{\backslash}H\end{matrix}\right) - C^6H^5.$$

» Dans une seconde phase, 1 molécule d'alcool réagirait :

$$C^6H^5 - C\left(CH - C\begin{matrix}{}^{/\!/}O \\ {}_{\backslash}H\end{matrix}\right) - C^6H^5 + C^2H^5.OH$$
$$= H^2O + C^6H^5 - C\left(CH - C\begin{matrix}{}^{/\!/}O \\ {}_{\backslash}C^2H^5\end{matrix}\right) - C^6H^5.$$

Il se formerait un dérivé éthylé, de *fonction acétalique*.

» En dissolvant la benzophénone dans l'alcool méthylique pur, et exposant au soleil, nous avons obtenu de beaux cristaux, fondant vers 180° ; il n'y a pas eu de colorations.

» L'*acétophénone* en solution alcoolique a fourni, dans les mêmes conditions, un dérivé précipitable par l'eau et fondant vers 120°. Les phénomènes colorés n'ont pas présenté la même régularité qu'avec la benzophénone, mais il s'est aussi produit de l'aldéhyde éthylique. »

CHIMIE ORGANIQUE. — *Composition des combinaisons de la fuchsine avec les matières colorantes acides par constitution.* Note de M. A. SEYEWETZ, présentée par M. Armand Gautier.

« J'ai montré que les combinaisons formées par l'union des matières colorantes acides aux colorants basiques n'étaient pas dues seulement à la nature particulière des groupes acides ou basiques substitués dans ces composés, mais aussi au groupe chromophore de ces colorants ([1]). J'ai entrepris l'étude de ces combinaisons, me limitant présentement à celles obtenues avec une matière colorante basique bien cristallisée, la *fuchsine*, et les colorants acides par constitution à groupe chromophore acide.

» Pour préparer ces combinaisons, j'emploie une solution aqueuse de fuchsine cristallisée pure renfermant $\frac{1}{100}$ de molécule ($4^{gr},095$ par litre) ($C^{20}H^{20}N^3Cl + 4H^2O$); je verse dans cette solution froide un volume connu de la matière colorante acide pure dissoute dans une quantité d'eau à 30° environ aussi faible que possible. Je détermine quel volume de cette solution il faut employer pour que la fuchsine soit entièrement précipitée sans qu'il y ait excès des composants. Le précipité obtenu en chaque cas est lavé, essoré et séché vers 50°-60°.

» La composition de ces combinaisons a été déterminée :

» 1° D'après les volumes respectifs des solutions titrées de fuchsine et du colorant acide pur employés pour obtenir une précipitation complète;

» 2° D'après le poids total de combinaison recueillie;

» 3° Dans le cas où la matière colorante acide est insoluble dans l'eau acidulée, on a pu confirmer les résultats des déterminations précédentes, en dissolvant toute la fuchsine de la combinaison par l'eau chlorhydrique, et pesant le résidu qui représente la matière colorante acide;

» 4° Enfin j'ai contrôlé, dans un certain nombre de cas, les résultats obtenus dans les trois premières déterminations par l'analyse élémentaire.

» Dans tous les cas, c'est le chlore de la fuchsine qui s'élimine avec H,

---

([1]) *Comptes rendus*, mars 1900.

K, Na ou NH^4 de la matière colorante acide. C'est toujours une molécule de fuchsine qui s'unit à une ou plusieurs molécules du colorant acide.

» *Matières colorantes nitrées.* — Parmi les dérivés nitrés, j'ai fait réagir sur la solution aqueuse de fuchsine les sels alcalins également en solution aqueuse des colorants suivants :

O. Mononitrophénol :	$C^6H^4 \langle {AzO^2 (1) \atop ONa (2)}$	Jaune de naphtol S :	$C^{10}H^4 \begin{cases} SO^3Na \\ AzO^2 \\ AzO^2 \\ OH (\alpha) \end{cases}$
O. p. Dinitrophénol :	$C^6H^3 \begin{cases} AzO^2 (1) \\ AzO^2 (2) \\ ONa (4) \end{cases}$	Mononitrorésorcine :	$C^6H^3 \begin{cases} OH (1) \\ OH (3) \\ AzO^2 \end{cases}$
Trinitrophénol (Acide picrique) :	$C^6H^2 \langle {(AzO^2)^3 (1), (2), (4) \atop ONa (6)}$	Hexanitrodiphénylamine (Aurantia) :	$AzH \langle {C^6H^2(AzO^2)^3 \atop C^6H^2(AzO^2)^3}$
Jaune de Martius :	$C^{10}H^5 \begin{cases} AzO^2 \\ AzO^2 \\ ONa (\alpha) \end{cases}$		

» L'équation de la réaction avec l'un quelconque d'entre eux, le jaune de Martius par exemple, peut être représentée par la suivante :

$$C^{10}H^5 \begin{cases} AzO^2 \\ AzO^2 \\ ONa \end{cases} + Cl.C \begin{cases} C^6H^3 \langle {CH^3 \atop AzH^2} \\ C^6H^4 - AzH^2 \\ C^6H^4 - AzH^2 \end{cases} = NaCl + C^{10}H^5 \begin{cases} (AzO^2)^2 \\ OC - C \begin{cases} C^6H^3 \langle {CH^3 \atop AzH^2} \\ C^6H^4 - AzH^2 \\ C^6H^4 - AzH^2 \end{cases} \end{cases}$$

» J'ai reconnu que les dérivés nitrés ne renfermant que des groupes AzO^2 ou OH, quel que soit leur nombre respectif, se combinent toujours avec la fuchsine *en proportions équimoléculaires.*

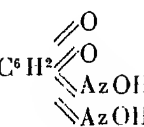
» Le jaune naphtol S, qui renferme en outre un groupe sulfonique, se combine à 2 molécules de fuchsine.

» L'hexanitrodiphénylamine, où il y a six groupes NO^2 mais atténués par la présence du groupe AzH, se combine avec 1 molécule de fuchsine.

» J'ai déterminé, comme contrôle, la composition centésimale de la *combinaison du jaune Martius et de la fuchsine.*

	C.	H.	Az.
Composition trouvée	66,95	4,83	13,15
Composition calculée pour 1 molécule de fuchsine et 1 molécule de jaune Martius	67,29	4,67	13,08

» *Matières colorantes quinones oximes.* — J'ai choisi comme type la *diquinone dioxime* ou *chlorine* :



» Sa combinaison avec la fuchsine renferme une seule molécule de cette dernière pour une de chlorine.

» *Matières colorantes oxycétoniques.* — Pour le *jaune d'alizarine* A :

$$C^6H^5 - CO - C^6H^2(OH)^3 \ 1.2.3,$$

la combinaison se fait avec une seule molécule de fuchsine, malgré la présence de trois oxhydriles.

» *Phtaléïnes.* — Les phtaléïnes que j'ai combinées à la fuchsine sont : l'*uranine*, l'*éosine* et l'*érythrosine*.

» Toutes ces combinaisons renferment 2 molécules de fuchsine pour 1 de phtaléine; l'oxhydrile et le carboxyle semblent donc participer tous deux à la salification. J'ai contrôlé ces résultats par la détermination de la composition de ces combinaisons :

Substances combinées à la fuchsine.	Composition trouvée.				Composition calculée pour 2 molécules de fuchsine et 1 molécule de phtaléine.			
Uranine	77,4 C	5,5 H	8,8 Az		77,2 C	5,1 H	9,07 Az	
Éosine........	57,65 C	3,95 H	6,92 Az	25 Br	57,85 C	3,7 H	6,72 Az	25 Br
Érythrosine...	50,35 C	3,35 H	5,64 Az	35,2 I	50,07 C	3,19 H	5,82 Az	35,2 I

» *Dérivés de l'acide rosolique.* — Les colorants de cette classe, qui ont été combinés à la fuchsine, sont les suivants :

Acide pararosolique : $OH - C \equiv (C^6H^4 - OH)^3$,

Violet au chrome : $OH - C \equiv \left(C^6H^3 \langle {COOH \atop OH} \right)^3$;

Bleu au chrome : $OH - C \langle {[C^6H^4 - N(CH^3)^2]^2 \atop C^{10}H^5 \langle {COOH \atop OH}}$.

Leurs combinaisons avaient les compositions suivantes :

1 molécule d'acide pararosolique pour 1 molécule de fuchsine,
1 » de violet au chrome pour 3 » »
1 » de bleu au chrome pour 1 » »

» *Matières colorantes oxyquinoniques.* — Dans cette classe, j'ai étudié les combinaisons des couleurs suivantes :

Alizarine ordinaire : $C^6H^4\langle{CO \atop CO}\rangle C^6H^2\langle{OH \atop OH}$, Orangé d'alizarine : $C^6H^4\langle{CO \atop CO}\rangle C^6H\begin{cases}NO^2\\ OH\\ OH\end{cases}$,

Rouge d'alizarine S : $C^6H^4\langle{CO \atop CO}\rangle C^6H\begin{cases}SO^3\\ OH\\ OH\end{cases}$, Amidoalizarine : $C^6H^4\langle{CO \atop CO}\rangle C^6H\begin{cases}NH^2\\ OH\\ OH\end{cases}$,

Bleu d'alizarine : $C^6H^4\langle{CO \atop CO}\rangle C^6H^2(OH)^2\langle{CH = CH \atop CH = Az}$.

Dans tous les cas, 1 *molécule de couleur oxyquinonique s'unit à une seule molécule de fuchsine*, qu'il y ait ou non substitution des groupes NO^2, SO^3H, Az^2H, ...

» Résultats contrôlés par le dosage du soufre et de l'azote dans le cas du rouge d'alizarine S et de la fuchsine.

Combinaison de rouge d'alizarine S et de fuchsine :

Résultats trouvés.		Résultats calculés pour 1 molécule rouge d'alizarine S et 1 molécule fuchsine.	
S pour 100... 4,92	Az... 7,01	S... 5,14	Az... 6,76

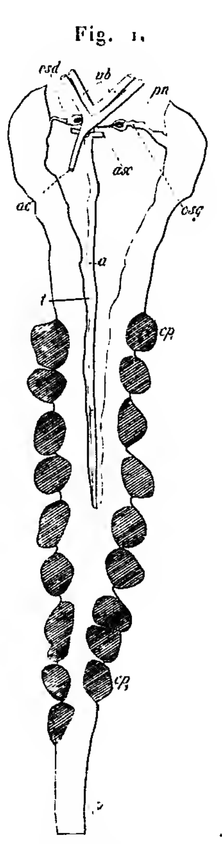
ZOOLOGIE. — *Sur le rein du* Lepadogaster Goüanii ([1]).
Note de M. **Frédéric Guitel**, présentée par M. de Lacaze-Duthiers.

« Dans le *Lepadogaster Goüanii* mâle, les reins sont soudés postérieurement sur les $\frac{2}{5}$ environ de leur longueur. Le bord externe de chacun d'eux présente, dans sa région moyenne, une série de lobes saillants, arrondis. Ces lobes, au nombre de neuf à onze paires (*cp_1*, *cp_9*, *fig.* 1), affectent une disposition métamérique qui, postérieurement, peut se trouver plus ou moins masquée par la coalescence ou l'atrophie de quelques-uns d'entre eux. La paire postérieure est souvent incomplète d'un côté ou de l'autre; le même fait se présente aussi, mais plus rarement, pour la paire antérieure qui se trouve généralement située au niveau du corps de la quatrième vertèbre.

(1) Travail fait à la Faculté des Sciences de Rennes avec des matériaux envoyés par le Laboratoire de Roscoff.

En avant de sa région lobée, chaque rein se prolonge en une partie terminale plus étroite dont l'extrémité antérieure, légèrement renflée, concave en dedans et convexe en dehors, est atténuée en pointe antérieurement. A 1^{mm} ou 2^{mm} en arrière de cette extrémité rénale antérieure et sur son bord interne se trouve un appendice presque toujours plus long et

Fig. 1.



Reins d'un Lepadogaster Goüanii *mâle, vus par la face ventrale.*

a, aorte; *ac*, artère cœliaque; *asc*, artère sous-clavière gauche; cp_1, cp_9, lobes métamériques constitués par des canaux pelotonnés; *csd*, extrémité céphalique du canal du pronéphros droit; *csg*, extrémité céphalique du canal du pronéphros gauche; *pn*, glomérule de Malpighi du pronéphros gauche; *rp*, région postérieure des reins tronquée transversalement; *t*, trait transversal limitant la région représentée dans la *fig.* 2; *vb*, veines branchiales. 6 ½ diamètres.

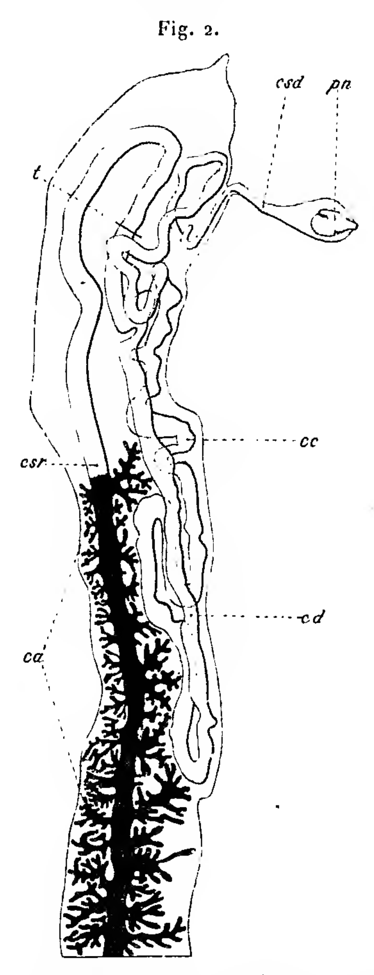
plus épais à gauche qu'à droite qui se termine par un volumineux corpuscule de Malpighi (*fig.* 1).

» Ce corpuscule est celui du pronéphros qui persiste ici jusque chez l'adulte.

» Cette affirmation appelle une démonstration qui nous est fournie par

l'étude attentive de la disposition anatomique des uretères représentant, on le sait, les deux canaux segmentaires de l'embryon. Ces deux canaux,

Fig. 2.



Extrémité antérieure droite du rein représenté fig. 1, vue par la face ventrale.

ca, canalicules arborescents naissant sur l'uretère; *cd*, branche récurrente à peu près rectiligne du canal du pronéphros; *cc*, branche directe du canal du pronéphros décrivant de nombreuses circonvolutions; *csd*, extrémité céphalique libre non pelotonnée du canal pronéphrotique droit; *csr* uretère (canal segmentaire) émettant de nombreux canalicules arborescents jusqu'au trait *t*; *pn*, glomérule du pronéphros droit; *t*, trait transversal indiquant le point où cesse l'émission des canalicules arborescents et où commence le canal du pronéphros recourbé en forme d'U. 26 diamètres.

indépendants même dans la partie commune aux deux reins, parcourent ces organes en ligne droite et sur tout leur parcours émettent un nombre considérable de canalicules ramifiés d'une manière dendritique et complètement privés de corpuscules de Malpighi (*ca*, *fig.* 2).

» Chacun des lobes latéraux arrondis, dont il a été parlé plus haut, est constitué par des canalicules pelotonnés dont le diamètre interne (sur les pièces fixées) est au plus deux fois moindre que celui du canal segmentaire et deux à quatre fois plus considérable que celui des ramifications des canalicules arborescents. Le nombre des canaux pelotonnés constituant chaque lobe rénal et la manière dont ces canaux se terminent n'ont pas encore été déterminés, mais ce nombre ne paraît pas être supérieur à deux et nous pouvons affirmer dès maintenant que ces canaux, comme les canaux arborescents, ne comportent jamais de corpuscules de Malpighi. Ils semblent en outre ne pas se ramifier.

» Le mésonéphros du *Lepadogaster Goüanii* est donc totalement privé de corpuscules de Malpighi et le rein de ce poisson n'en possède qu'un, qui est celui du pronéphros ([1]).

» Revenons maintenant à l'uretère (*csr*, *fig.* 2). Parvenu à une faible distance de l'extrémité céphalique du rein il se recourbe en arrière tout en continuant à fournir de nombreux canalicules arborescents; mais, après un très court trajet récurrent, l'émission de ces canalicules cesse brusquement et le canal se continue ensuite jusqu'au glomérule sans présenter de ramification d'aucune sorte. En outre, à partir du point où cesse l'émission des canalicules (sur la *fig.* 2 ce point est marqué par un trait transversal que désigne la lettre *t*), les noyaux des cellules constituant la paroi du canal se colorent plus énergiquement sous l'action du carmin que ceux de la région précédente.

» Le trajet du canal segmentaire ainsi modifié ne s'effectue pas en ligne droite jusqu'au glomérule du pronéphros. Il se porte d'abord en arrière en restant sensiblement droit et en longeant la face ventrale du rein (*cd*); puis, arrivé à une faible distance du premier lobule rénal, il se réfléchit en avant, en passant au-dessus de sa portion récurrente. Là il décrit des circonvolutions variables (*cc*) qui le ramènent en un point situé sur le bord interne du rein et à 1^{mm} ou 2^{mm} de son extrémité antérieure (*fig.* 2).

» Parvenu à ce niveau le canal segmentaire sort du rein et, se portant transversalement en dedans, atteint le glomérule du pronéphros autour duquel il se dilate en capsule de Bowmann; c'est cette région terminale du canal segmentaire qui constitue l'appendice dont il a été question plus haut et qui se trouve représenté en *csg* et en *csd* sur la *fig.* 1.

([1]) L'absence de corpuscules de Malpighi a été signalée par E. Huot chez les Lophobranches (*Comptes rendus*, 21 juin 1897).

» Du côté droit cet appendice est très court et la portion de canal qui le constitue est presque rectiligne, en tout cas dépourvue de tout pelotonnement; à gauche, au contraire, il est beaucoup plus long et plus épais et le canal qui le forme est pelotonné d'une manière très variable suivant les individus.

» Nulle part le tissu lymphoïde n'est plus développé que dans la région parcourue par le canal du pronéphros.

» On sait que dans l'embryon des Téléostéens le canal segmentaire est un tube rectiligne qui se termine en avant par un unique néphrostome que précède un rempli en U de ce canal; le néphrostome s'ouvre dans une chambre pronéphrotique représentant une partie séparée du cœlome et renfermant un glomérule de Malpighi. L'ensemble de ces parties constitue le pronéphros. Cette disposition est rigoureusement conservée dans le *Lepadogaster Goüanii* adulte, il n'y a de plus que les circonvolutions du canal pronéphrotique ([1]).

» Le glomérule du pronéphros est ovoïde, ses dimensions peuvent aller jusqu'à $0^{mm},22$ sur $0^{mm},26$. Chaque glomérule reçoit une artériole qui naît directement sur le carrefour formé par les veines branchiales (*vb*) et les artères : aorte (*a*), cœliaque (*ac*) et sous-clavières (*asc*). Du côté gauche cette artériole est toujours beaucoup plus courte que du côté droit où elle est souvent de longueur nulle ou presque nulle.

» Dans le *Lepadogaster Goüanii* femelle la région qui correspond à la partie lobée du rein du mâle est constituée par une série de renflements peu accentués situés au niveau des corps vertébraux. Il en résulte pour la région moyenne du rein de la femelle un aspect moniliforme très différent de celui que présente la même région chez le mâle. Cette différence d'aspect est simplement due au très petit diamètre que présentent les canaux pelotonnés métamériques. En effet, le diamètre interne de ces canalicules (sur les pièces fixées) est douze fois plus petit que la lumière du canal segmentaire et deux fois moins grand que celle des ramifications moyennes des canalicules arborescents, aussi les pelotons qu'ils forment sont-ils très peu considérables et bien loin d'approcher du grand développement qu'acquièrent les lobes fortement saillants du rein du mâle. Pour le reste le rein de la femelle ne diffère de celui du mâle que par des points de détail. »

([1]) Le cas du *L. Goüanii* est à rapprocher de ceux du *Fierasfer* et du *Zoarces* décrits par Carlo Emery (*Atti della Reale Accademia dei Lincei*, 1880 et 1882).

MINÉRALOGIE. — *Sur une roche de fayalite*. Note de M. A. **Lacroix**, présentée par M. Fouqué.

« La partie supérieure des schistes cristallins des Maures renferme au sud-est de Collobrières des gisements intéressants de magnétite. Ils consistent en une série de couches, d'une puissance de $0^m,50$ à 1^m d'épaisseur, alternant sur une épaisseur d'environ 50^m avec des micaschistes très grenatifères. On peut les suivre sur plusieurs centaines de mètres. Ces gisements, sur lesquels des tentatives d'exploitation ont été faites, ont été autrefois étudiés par Coquand et par Grüner.

» La magnétite est accompagnée d'une grande quantité de grenat almandin rouge. Au voisinage des bancs ferrifères, le micaschiste devient plus quartzeux et plus grenatifère et il finit même par n'être plus constitué que par un agrégat de cristaux de grenat, pressés les uns contre les autres, associés à de l'apatite et réunis par un peu de biotite et de quartz; puis apparaissent des fibres de grünérite, des grains de magnétite. Cette roche est la gangue la plus habituelle du minerai. Celui-ci est constitué par de la magnétite compacte ou finement grenue; rarement pure, elle englobe d'ordinaire des cristaux de grenat et des fibres de grünérite. Enfin se trouve la roche qui fait plus particulièrement l'objet de cette Note et qui paraît, au point de vue de l'importance, être intermédiaire entre la grenatite et la magnétite.

» Je rappellerai que la *grünérite* est un métasilicate de fer (SiO^3Fe) qui a été décrit par Grüner comme constituant le pyroxène exclusivement ferrifère. J'ai montré antérieurement, par l'étude de sa forme et de ses propriétés optiques, qu'elle doit être en réalité rapportée au groupe des amphiboles dans lequel elle se fait remarquer par sa très forte biréfringence et la constance de ses macles polysynthétiques très fines suivant h^1(100).

» La roche qui nous occupe est massive, dépourvue de rubannement, extrêmement dense. A l'œil nu, on y distingue comme élément dominant (en apparence) des fibres souvent rayonnées de grünérite d'un vert olivatre, à éclat très vif, avec en outre des grains de grenat rouge et de la magnétite. Il existe çà et là un minéral noir, à éclat vitreux, un peu gras, possédant des clivages interrompus : c'est de la *fayalite*. L'étude microscopique montre que cette substance, qui avait passé inaperçue jusqu'à présent, joue dans la roche un rôle capital.

» La structure de la roche est holocristalline; le grenat en rhombododécaèdres et la magnétite en octaèdres sont les seuls minéraux qui soient parfois automorphes. Il existe en abondance de l'apatite; elle est souvent incluse dans le grenat, mais forme le plus ordinairement des agrégats grenus disséminés dans la roche. Le grenat se transforme par places en un minéral vert foncé à aspect de chlorite, très pléochroïque et en même temps très biréfringent (bissectrice négative avec axes très rapprochés) qui paraît très analogue à la *stilpnomélane*.

» La magnétite a cristallisé pendant toute la durée de la formation de la roche; elle est englobée par tous les éléments et les moule tous; elle est imprégnée de sulfures de fer qui échappent souvent à l'examen macroscopique, mais qui sont très visibles dans les plaques minces; une partie de ceux-ci sont constitués par de la *pyrrhotite,* attaquée par l'acide chlorhydrique.

» La *grünérite* se présente en fibres très maclées, incolores ou à peine teintées en jaunâtre dans les lames minces; elle montre autour d'inclusions de zircon des auréoles remarquablement pléochroïques (noir opaque suivant N_g, jaune ou vert suivant N_m et N_p).

» Tous les minéraux précédents sont enveloppés par la fayalite, qui est groupée parfois avec la grünérite comme le pyroxène et le feldspath dans la structure ophitique. La proportion de ce minéral peut atteindre près de la moitié de la masse totale dans certains échantillons. La fayalite possède trois clivages rectangulaires interrompus par rapport auxquels a lieu l'extinction. Le minéral est légèrement jaunâtre en lames minces et un peu pléochroïque. Il possède la biréfringence et la réfringence élevée des minéraux du groupe du péridot. La bissectrice aiguë est négative, l'écartement des axes optiques est beaucoup moins grand que dans l'olivine.

» Pour faire la vérification chimique du diagnostic auquel conduisent ces propriétés optiques, j'ai débarrassé la poudre de la roche (à l'aide d'un électro-aimant) de tous les grains de magnétite et de silicates lestés par ce minéral : l'iodure de méthylène a permis d'éliminer l'apatite, le seul minéral de cette roche dont la densité soit inférieure à 3,3. La poudre a été mise ensuite en digestion dans l'acide chlorhydrique à 40°C., afin de n'attaquer que la fayalite : elle fait facilement gelée. Les seules bases trouvées dans la solution sont le protoxyde de fer et la chaux, cette dernière existe en quantité très notable.

» Cette fayalite, dont l'étude chimique sera complétée ultérieurement, constitue donc dans le groupe des péridots le type ferreux et calcique qui

a été trouvé par Vogt dans des scories de hauts fourneaux, mais n'a pas été jusqu'à présent rencontré dans la nature. Le minéral qui s'en rapproche le plus est le péridot de l'*eulysite,* dont il va être question plus loin; ce péridot ferrifère renferme bien 5 pour 100 de chaux, mais il contient en outre 7 à 8 pour 100 de manganèse, de la magnésie, et constitue ainsi un type plus complexe, intermédiaire entre la fayalite, la knebelite et l'olivine ferrifère.

» En résumé, la roche à fayalite de Collobrières présente une composition minéralogique très remarquable, en même temps que très exceptionnelle : elle est essentiellement caractérisée par l'association de la fayalite à la grünérite, à un grenat, à l'apatite et à la magnétite. On ne peut guère la comparer (¹) qu'à l'eulysite de Tunaberg en Südermanland (Suède), roche composée par le péridot dont il vient d'être question, accompagné de grenat, d'augite avec, en outre, un peu de magnétite, d'apatite, de hornblende et de mispickel. Il est fort possible que l'eulysite, qui forme un amas au milieu du gneiss, soit d'origine éruptive, tandis qu'à Collobrières, notre roche à fayalite est un terme ultrabasique de la série des schistes cristallins, sans rapport d'origine avec aucune roche éruptive. »

PHYSIOLOGIE. — *Le rôle du noyau des cellules dans l'absorption* (²). Note de M. **Henri Stassano**, présentée par M. Arm. Gautier.

« Dans une Note antérieure (³), j'ai mis en relief l'affinité de l'endothélium vasculaire pour le mercure et pour d'autres toxiques introduits dans la circulation. Par quel mécanisme s'accomplit cette fonction chez les cellules endothéliales et les autres éléments cellulaires? J'ai été amené à penser que c'est par l'intervention du noyau, en vertu de la propriété des nucléines, dont il est constitué, de former avec les métaux et les bases organiques des combinaisons analogues aux sels.

» Les observations, presque toutes personnelles, qui m'ont suggéré cette manière de voir sont les suivantes :

(¹) La *knebelite,* péridot mangano-ferrifère, se rencontre en Suède dans des gîtes de magnétite à Dannemora et dans les mines de Vester Silfberget et d'Hillang.

(²) Travail du Laboratoire de Toxicologie de la Préfecture de Police et du Laboratoire de Physiologie de la Sorbonne.

(³) *Comptes rendus,* 23 octobre 1899.

» 1° L'affinité considérable des leucocytes, très riches en nucléines, pour les composés de fer et d'argent (Kobert), pour le mercure (Stassano), pour l'arsenic (Besredka).

» 2° Dans les mêmes poids d'os, de peau, de muscles, de foie, de rate, chez trois jeunes chiens, j'ai trouvé beaucoup plus de mercure que dans les tissus analogues de chiens adultes, du même poids à peu près, injectés dans les conditions identiques. Or les granulations des cellules endothéliales, découvertes par Kowalewsky, chez les animaux inférieurs, existent chez les jeunes chiens, ainsi que M. Cousin l'a signalé. Ces granulations présentent tous les caractères de granulations nucléaires, de nucléines. Elles fixent le carmin ammoniacal, retiennent les sels de fer, se colorent en rose par la teinture de tournesol, en devenant bleues si on les soumet aux vapeurs ammoniacales.

» 3° M. Kossel a montré que la richesse des organes en nucléines est proportionnelle à leur richesse en noyaux cellulaires. De mes expériences, portant sur plus de cent animaux, chiens et lapins, il ressort que le mercure se fixe d'une façon élective précisément dans les organes les plus riches en nucléines, et partant en noyaux cellulaires, tels que le thymus, le pancréas, les ovaires, les testicules, la pituitaire, les glandes salivaires, le corps thyroïde et enfin les ganglions de l'aisselle et de l'aîne.

» 4° Les globules rouges sans noyaux des mammifères sont les seuls éléments cellulaires qui ne retiennent pas de mercure, au moins d'une façon sensible. J'y reviendrai.

» 5° Une injection intra-veineuse de violet de méthyle réduit considérablement l'arrêt du mercure, et l'absorption de la strychnine, par les cellules endothéliales. Ce fait me semble la réciproque de celui-ci que les éléments d'un tissu soumis trop longtemps à l'action de l'acide osmique, de l'acide perruthénique, du chlorure d'or, du sulfate de cuivre, etc., ne se colorent plus par les réactifs. Il s'y passe, d'après Ranvier, une sorte de métallisation de la substance organique qui en sature, pour ainsi dire, l'affinité pour les substances colorantes. Il s'ensuit que la coloration d'un noyau cellulaire, et sa métallisation, sont dans un rapport défini. L'affinité des noyaux pour les couleurs, surtout pour celles à fonction basique, rentre, de la sorte, dans la loi qui préside à la saturation d'un acide par une base. Partant, cette affinité, connue depuis longtemps, est comme le premier exemple de la thèse que je soutiens dans cette Note.

» Voici maintenant les résultats concordants que j'ai obtenus, par trois procédés différents d'expérimentation, en vue de contrôler le principe qui se dégage des observations précédentes.

» I. *Procédé basé sur les différences anatomiques, dans la série animale.* — J'ai cherché si les globules rouges nucléés des oiseaux, à l'inverse des hématies dépourvues de noyaux des mammifères, retiennent le mercure.

» Le sang des oiseaux est recueilli une demi-heure après l'injection intraveineuse de sublimé; l'oxalate de soude en empêche la coagulation; une première centrifugation sert à séparer les globules rouges du plasma et de la plus grande partie des leucocytes; en reprenant successivement deux fois les stromas rouges par un volume double de solution physiologique et en centrifugeant chaque fois, on parvient à débarrasser complètement les hématies des globules blancs. Si l'on procède alors à la recherche du mercure, on en trouve une certaine quantité qui provient de l'absorption, par le noyau

des globules rouges qui manque dans les hématies des mammifères. Détruisant ces globules par l'addition d'acide acétique, le mercure est abandonné avec les noyaux et se retrouve dans la solution où l'on opère.

» II. *Procédé histologique.* — Sur le conseil de M. Ranvier, je me suis servi de la membrane péri-œsophagienne de la grenouille. Un grand nombre de vaisseaux capillaires, où il est aisé d'examiner, à un fort grossissement, les cellules endothéliales, sillonnent cette membrane très large et très facile à traiter par les réactifs. Mes observations ont porté d'abord sur l'absorption du saccharate de fer d'Hornemann, sel très soluble. Ces sels sont reconnaissables dans les tissus par le ferrocyanure de potassium, donnant, en présence d'acide chlorhydrique étendu, la coloration du bleu de Prusse, ou, au moins, une teinte verdâtre caractéristique. Chez les grenouilles en pleine activité vitale, réchauffées, si l'on opère en hiver, les phénomènes d'absorption sont plus considérables et plus faciles à observer. En expérimentant sur deux grenouilles, l'une tenue pendant quelques jours à 0° et l'autre à +20°, on trouve que le fer injecté (0gr,1) circule librement dans les capillaires, à les obstruer presque, dans la membrane péri-œsophagienne de la grenouille refroidie, tandis que l'on n'en trouve pas trace, sinon à l'intérieur de quelques cellules endothéliales, dans la membrane de la grenouille réchauffée : signe évident que, dans cette dernière grenouille, le saccharate de fer a été retenu avant, presque en totalité, dans les endothéliums des autres réseaux vasculaires.

» Dans les cellules endothéliales, où l'on constate la présence du fer absorbé par la réaction du ferrocyanure, les noyaux seuls sont colorés en bleu de Prusse, aussi nettement que le sont en rouge, par le carmin, les noyaux des cellules voisines.

» Dans les hématies des grenouilles, la réaction du ferrocyanure est rarement limitée au noyau : il semble que celui-ci diffuse dans le protoplasma pour se combiner au saccharate de fer; dans tous les cas, le carmin ne colore pas, ou très peu, la chromatine dans les globules rouges teints en vert par le ferrocyanure, tandis que, tout à côté, dans les capillaires de la membrane péri-œsophagienne, on en trouve d'autres, gardant la nuance jaune naturelle du protoplasma.

» Il n'y a pas de réactif microchimique pour déceler le mercure dans les tissus, mais par l'emploi du vert de méthyle on peut indirectement en constater la présence dans les noyaux des cellules endothéliales, et des hématies chez la grenouille. Le vert de méthyle, en milieu acide, a la couleur verte caractéristique; à mesure que l'acidité du milieu diminue et tourne à la réaction neutre, il devient bleu, allant jusqu'au violet rouge. Ainsi ce réactif colore différemment les noyaux : en vert ceux en activité, et en bleu ou violet ceux au repos. Les noyaux des hématies des grenouilles réchauffées sont colorés par le vert de méthyle en vert clair, mais, aussitôt après l'injection de sublimé, de saccharate de fer ou de toute autre substance, ces mêmes noyaux se colorent en bleu cobalt foncé. Ce changement est dû, sans doute, à l'affaiblissement de l'acidité de la chromatine par le fait de la nouvelle combinaison contractée par ses acides nucléiniques.

» III. *Procédé chimique.* — En soumettant un tissu à la digestion pepsique, on sépare, en quelque sorte, les noyaux des protoplasmas cellulaires. Or, en digérant les organes d'animaux empoisonnés par le mercure, l'arsenic, la strychnine ou la morphine, on sépare, d'une part, les nucléines et avec elles la totalité des toxiques contenus par les organes digérés, et de l'autre les peptones provenant surtout des pro-

toplasmas, qui, par contre, se caractérisent par l'absence du poison en expérience.

» J'ai essayé d'extraire les nucléines combinées aux nucléoalbumines. Par le procédé d'Halliburton, en effet, je suis parvenu à retirer des nucléoalbumines riciniques et tétaniques de foies, rates et reins de chiens injectés avec des doses massives de ricine et de toxine tétanique, et ensuite j'ai réussi à dégager les toxines de leurs combinaisons nucléoalbuminiques, par l'électrolyse et, successivement, par la précipitation en milieu neutre par l'alcool. En lavant avec de l'eau le précipité, constitué par les albuminoïdes dérivés de la décomposition électrolytique des nucléoalbumines et par les toxines, on sépare celles-ci des albuminoïdes devenus insolubles. J'exposerai prochainement en détail mon procédé opératoire.

» Le noyau des cellules végétales se comporte de même à l'égard du mercure. En effet, dans les nucléines de levures de bières cultivées dans du moût additionné de sublimé (1^{mgr} par litre), j'ai trouvé une certaine quantité de mercure. J'en ai trouvé aussi dans les peptones produites par la digestion de ces mêmes levures. Mais ce fait s'explique en considérant que, dans le cas particulier, le mercure n'a pas agi comme toxique, puisqu'il n'a nullement empêché ou retardé la végétation des levures; dans l'espèce, le mercure ne peut avoir servi que d'aliment minéral à la levure, et il est donc naturel de le retrouver aussi dans le protoplasma.

» En résumé, le noyau, par le fait de sa composition chimique, joue un rôle prédominant dans l'absorption des substances étrangères à l'économie, mais ce rôle ne saurait être qu'un cas particulier de la fonction générale de la nutrition cellulaire. »

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Sur la diastase protéolytique du malt* (1). Note de MM. **A. Fernbach** et **L. Hubert**, présentée par M. Duclaux.

« La présence d'une diastase protéolytique dans le malt, depuis longtemps soupçonnée, n'a jamais été démontrée d'une façon satisfaisante. On sait bien, d'une manière générale, que, pendant la germination des graines, la solubilisation des réserves azotées s'opère par l'intermédiaire de diastases protéolytiques. Mais on peut se demander si une diastase semblable est produite en quantité notable pendant la germination écourtée à laquelle le grain d'orge est soumis pendant le travail industriel du maltage, si elle subsiste dans le malt touraillé à haute température pour la préparation du moût de bière, si elle joue un rôle notable pendant le brassage. Tels sont quelques points que nous nous sommes préoccupés d'élucider dans des recherches dont nous donnons ici un aperçu partiel.

(1) Laboratoire de Brasserie de l'Institut Pasteur.

» Nous avons démontré la présence d'une diastase protéolytique dans le malt touraillé par ce fait que l'albumine coagulable d'une macération aqueuse de malt, préparée à froid et filtrée claire, devient incoagulable lorsqu'on soumet cette macération à une autodigestion, à des températures comprises entre la température ordinaire et 70°. Nous avons pu voir ainsi devenir incoagulables des quantités de matière azotée s'élevant jusqu'à 45 pour 100 des matières azotées primitivement coagulables.

» La digestion observée est bien due à une diastase. Tout d'abord, elle n'est point le résultat d'une action microbienne, car elle se produit, sans diminution notable d'activité, dans des milieux rendus absolument stériles par filtration à la bougie Chamberland. Elle n'est point due davantage à l'action des sels, acides ou autres, de l'extrait de malt, car le chauffage du liquide diastasifère le rend inactif.

» Cette diastase semble capable de pousser la désagrégation de l'albumine plus loin que le terme peptone, car, dans un extrait froid de malt, l'azote précipitable par l'acide phosphotungstique et coagulable ou non par la chaleur devient imprécipitable par ce réactif lorsque le liquide est abandonné à une autodigestion.

» L'extrait de malt, à l'abri de toute intervention microbienne, solubilise la gélatine; l'extrait chauffé est inactif.

» En appliquant à l'extrait de malt la méthode classique de précipitation par l'alcool, on obtient des préparations diastasiques qui peuvent solubiliser l'albumine coagulée par la chaleur d'un extrait de malt, ou même des substances azotées insolubles du grain d'orge.

» Dans les conditions normales du brassage, la diastase protéolytique transforme en composés insolubles, incoagulables par la chaleur, une partie notable des matières albuminoïdes du malt : nous avons constaté, par exemple, que cette action avait fourni à un moût 40 pour 100 de l'azote total qu'il contenait, le reste étant des composés azotés solubles, préformés pendant la germination.

» Nous avons observé des digestions considérables, même en opérant avec des malts touraillés à haute température, tels que ceux qui servent à la fabrication des bières de Munich. La diastase protéolytique résiste donc bien au touraillage.

» Dans les conditions du brassage, la solubilisation de l'azote par la diastase protéolytique est déjà active à la température de 40°; la température optima est voisine de 60°, mais l'activité est encore considérable à 70°.

» Un fait particulièrement digne d'attention est que la nature des pro-

duits solubilisés pendant le brassage par la diastase protéolytique, agissant sur les matières albuminoïdes du malt, est différente suivant la température à laquelle on opère la digestion. En nous servant de l'acide phosphotungstique pour distinguer l'azote des peptones de celui des composés amidés, dans des essais comparatifs, nous avons constaté que, à la température de 40°, la totalité de l'azote solubilisé appartient à des composés amidés, non précipitables au réactif mentionné; à 60°, l'azote amidé ne constitue plus que 50 à 60 pour 100 de l'azote solubilisé et, à 70°, à peine 40 pour 100.

» L'histoire de la diastase protéolytique du malt, en ce qui concerne l'influence de la température sur les produits de l'action, pourrait donc être calquée sur celle de la diastase saccharifiante, en substituant le mot de *peptones* à celui de *dextrines*, et le terme d'*amides* à celui de *maltose*. Ce n'est d'ailleurs pas le seul point de ressemblance de ces deux diastases. L'un de nous a publié récemment (*Annales de la Brasserie et de la Distillerie*, 5 septembre, 10 et 25 octobre 1899) des recherches sur l'amylase, dans lesquelles il s'est surtout attaché à étudier l'influence de la réaction du milieu et de divers sels sur l'action de cette diastase. Les faits observés, résumés en août 1899 au Congrès de l'*Association britannique*, à Douvres, s'appliquent également à la diastase protéolytique, ainsi que nous le montrerons dans une Note ultérieure. »

MÉDECINE. — *Action des courants à haute fréquence sur la respiration élémentaire (activité des échanges entre le sang et les tissus)*. Note de M. **Tripet**, présentée par M. d'Arsonval.

« A la suite des Communications de M. le professeur d'Arsonval, qui ont établi la puissante action modificatrice des courants de haute fréquence, nous avons voulu poursuivre des recherches parallèles et étudier l'action des courants de haute fréquence sur l'activité de réduction de l'oxyhémoglobine, c'est-à-dire de l'activité des échanges entre le sang et les tissus.

» Dans le travail de MM. Apostoli et Berlioz, les observations citées prouvent que, sous l'influence des courants de haute fréquence, la proportion d'urée est augmentée d'une façon constante et ramenée vers le chiffre normal de 27^{gr} à 30^{gr} par vingt-quatre heures chez des malades dont la nutrition ralentie se traduisait par une hypoazoturie marquée.

» C'est à partir du 8 avril 1898 que, grâce à l'obligeance du Dr Apostoli,

qui mit à notre disposition les ressources de sa clinique, nous pûmes, pendant plus de deux ans, suivre une série de malades *avant*, *pendant* et *à la fin* de leur traitement par les courants de haute fréquence.

» L'examen du sang fut pratiqué au moyen de l'hématospectroscope d'Hénocque, l'activité de réduction de l'oxyhémoglobine fut recherchée par son procédé de la ligature élastique du pouce, et les résultats personnels furent consignés sur des fiches d'observation spéciales. Les examens ont été pratiqués de quatre en quatre semaines, du début à la fin du traitement. Certains malades ont pu être suivis ainsi pendant plus de six mois.

» Plus de deux cents examens différents furent faits à la clinique pendant cette période de temps, mais nous n'avons retenu que les observations dont les malades ont suivi le traitement avec régularité, et c'est le résultat de ces observations que nous avons l'honneur de présenter aujourd'hui.

» Les tableaux que nous soumettons à l'Académie, en même temps que les cinquante-trois observations plus détaillées, forment quatre séries.

« La *première* montre que, dans seize cas de rhumatisme, l'activité de réduction est augmentée par le traitement et se rapproche définitivement de la normale.

» La *deuxième série* comprend, d'une part, sept cas de fibrome dans lesquels l'activité de réduction, habituellement exagérée, se trouve au contraire diminuée et ramenée vers l'unité.

» La *troisième série* se rapporte à des affections nerveuses. Dans les quatre cas de neurasthénie, le retour à la normale se produit définitivement après quelques fluctuations en sens divers. Dans trois observations de sciatique avec abaissement ou élévation de l'activité, il y a encore retour à la normale. Un seul cas fait exception; il montre une élévation exagérée de l'activité (1,40) coïncidant avec une hypertension de 19^{cm} d'hydrogène, au sphygmomètre.

» Enfin la *quatrième série* réunit des observations très diverses dans lesquelles se rencontrent une chloro-anémie, une anaxhémie des cuisiniers, où l'activité est augmentée, tandis que l'on constate une diminution de l'activité dans les cas fort graves d'ascite, d'hépatisme, de leucocythémie, où l'action des courants de haute fréquence n'a pu s'exercer sur l'organisme profondément atteint.

» Les résultats du traitement par les courants de haute fréquence se résument ainsi :

» 1° Dans trente-sept cas, les courants de haute fréquence ont augmenté l'activité de réduction de l'oxyhémoglobine, ce phénomène se traduisant particulièrement chez des malades à nutrition ralentie (rhumatismes, fibromes utérins, etc.).

» 2° Dans dix cas où, avant le traitement, l'activité de réduction était

exagérée, les courants de haute fréquence avaient déterminé un abaissement de nature à rapprocher cette activité de la normale 1.

» 3° Dans six cas seulement où la déchéance organique continua son évolution, l'activité de réduction de l'oxyhémoglobine, malgré le traitement par les hautes fréquences, continua à baisser.

» La conclusion qui s'impose est donc la suivante :

» *a*. Dans les maladies de la nutrition le traitement par les courants de haute fréquence (*Arsonvalisation*) est un *régulateur* de l'activité de réduction de l'oxyhémoglobine.

» *b*. Chez les malades à activité au-dessous de la normale 1, il remonte cette activité et la maintient définitivement dans le voisinage de cette normale.

» *c*. Dans les cas où cette activité était exagérée, dans le diabète par exemple, le traitement diminue cette activité et la fait redescendre à la normale 1.

» *d*. Il est à remarquer que, presque toujours, il y a augmentation simultanée et parallèle de la proportion centésimale de l'oxyhémoglobine et de son activité de réduction; de sorte que cette augmentation entre pour une part importante dans la régularisation de l'activité de la réduction. »

MÉDECINE. — *Influence des extraits d'ovaires sur les modifications de la nutrition, engendrées par la grossesse* ([1]). Note de MM. **Charrin** et **Guillemonat**, présentée par M. d'Arsonval.

« On sait que, sous l'influence de la grossesse, le type nutritif subit assez souvent des modifications plus ou moins prononcées et plus ou moins durables. C'est ainsi que, d'après Andral et Gavarret, l'oxygène est consommé en moindre quantité et l'acide carbonique produit en plus faible proportion; de même, il n'est pas rare de voir se développer la glycosurie ou l'obésité, sans doute, en dehors des troubles hépatiques, parce que cette paresse dans les échanges organiques, décelée par ces abaissements des gaz absorbés ou rejetés, porte sur l'utilisation du sucre ou de la graisse; de même encore, l'alcalinité humorale, grâce à cette atonie de la nutrition, tend à fléchir et les acides, n'arrivant plus à leurs termes ultimes

---

([1]) Travail du laboratoire de Médecine expérimentale. Hautes-Études, Collège de France.

(H^2O; O^2), deviennent assez abondants pour solubiliser certains principes minéraux ou déformer, détériorer le tissu osseux (phosphatine; altérations dentaires; dépôts au niveau de la table interne des os du crâne; parfois ostéomalacie, affection de la femme enceinte).

» Cet aperçu, pourtant incomplet, suffit à montrer l'intérêt qui s'attache à la recherche des procédés propres à faire apparaître ces modifications ou à les influencer : aussi avons-nous tenté de relever, par une foule de moyens, l'activité nutritive des femelles pleines.

» Après nous être assuré des quantités d'urée fabriquées, dans les vingt-quatre heures, par des cobayes gravides soumises à une alimentation invariable, maintenant les poids sans oscillations appréciables, nous avons pratiqué différentes injections; nous avons surtout utilisé des extraits d'organes obtenus dans de l'eau salée et glycérinée (chlorure de sodium 7 pour 100; glycérine 10 pour 100).

» Dans ces conditions, nous n'avons pas vu varier sensiblement l'urée : soit quand nous avons introduit l'excipient seul, soit lorsque nous avons fait pénétrer des principes empruntés au foie, au rein, au muscle, etc. Par contre, nous avons enrégistré de notables oscillations dans le sens de l'accroissement, des augmentations d'un quart, d'un tiers, de moitié, parfois des fluctuations du simple au double, en injectant des extraits d'ovaires.

» Voici, d'ailleurs, quelques indications précises :

Urée, par cobaye et par vingt-quatre heures avant l'injection.	Quantité d'extrait ovarien injecté par cobaye.	Urée, par cobaye et par vingt-quatre heures après l'injection.
gr 0,36	5cc (1)	0,83
0,60	»	1,21
0,52	Témoin, occub.	0,42
0,35	8cc	0,98 — 0,67 (2e jour)
0,79	4cc	0,70 — 0,62 (2e jour)

» Dans le dernier cas, l'augmentation fait défaut.

» L'injection de l'excipient a fourni 1,14 avant et 0,95 après. — L'extrait utérin a donné 0,60 avant et 0,61 après; l'extrait hépatique 0,59 et 0,58; l'extrait du muscle 0,62 ou 0,49 (avant) et 0,37 ou 0,56 (après).

---

(1) La solution contient, par 3cc ou 4cc, tout ce qu'un ovaire de brebis peut céder à cette eau salée glycérinée.

— En somme, avec ces derniers extraits, on peut voir l'urée s'élever, mais aussi souvent s'abaisser et surtout demeurer stationnaire.

» Il convient d'ajouter que la dose introduite en une fois ne doit pas dépasser 12^{cc} à 16^{cc}, attendu que de tels volumes semblent provoquer des avortements rapides; les proportions les plus favorables correspondent à 1 ou 2 ovaires ayant cédé tout ce qui est soluble à 3^{cc} ou 6^{cc} de cette eau glycérinée. — A la vérité il est nécessaire de répéter ces injections quotidiennement ou au moins tous les trois jours, si l'on désire maintenir le résultat obtenu. Du reste, ce résultat, pour être durable, demanderait sans doute plutôt la greffe de l'ovaire, qui permettrait une incessante production, que ces pénétrations discontinues.

» Évidemment, l'intensité des variations est plus ou moins prononcée suivant les quantités employées, comme suivant les qualités des glandes, choisies, dans nos recherches, chez des brebis en pleine activité génitale, plus d'une fois au moment du rut. — Il est clair également que cette intensité d'action dépend, pour une part, de l'âge, des espèces, de l'état des sujets mis en expérience; c'est ainsi que, chez les femelles non pleines, plus encore chez les mâles, cette influence est moins constante ou moins marquée, etc.

» Quoi qu'il en soit, l'extrait d'ovaires, dans des conditions spéciales, paraît capable de modifier la nutrition troublée, ralentie par la grossesse, en donnant à cette nutrition une sorte de regain d'activité. Il semble par suite tout naturel de supposer que cette atonie des mutations nutritives tient en partie à ce que, pendant cette grossesse, ces ovaires, en tant que fonctionnement, sont pour ainsi dire en sommeil.

» Il est clair que cette question se rattache au grand problème des glandes internes. »

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Le lac Ladoga au point de vue thermique.* Note de M. **Jules de Schokalsky**, présentée par M. Alfred Grandidier.

« Le Ladoga occupe le premier rang parmi les bassins d'eau douce de l'Europe; sa superficie est 31 fois plus grande que celle du Léman; sa longueur est de 202 kilomètres et sa largeur atteint 75 kilomètres. Sa cartographie et son hydrographie ont été l'objet des études d'une expédition scientifique qui a travaillé avec des interruptions de 1858 à 1873 sous la

surveillance du Service hydrographique de la Marine impériale russe. L'expédition ayant un but plus spécialement hydrographique n'a eu le temps de faire ni l'étude de la composition chimique des eaux du lac, ni l'étude thermique des couches profondes. La Société impériale russe de

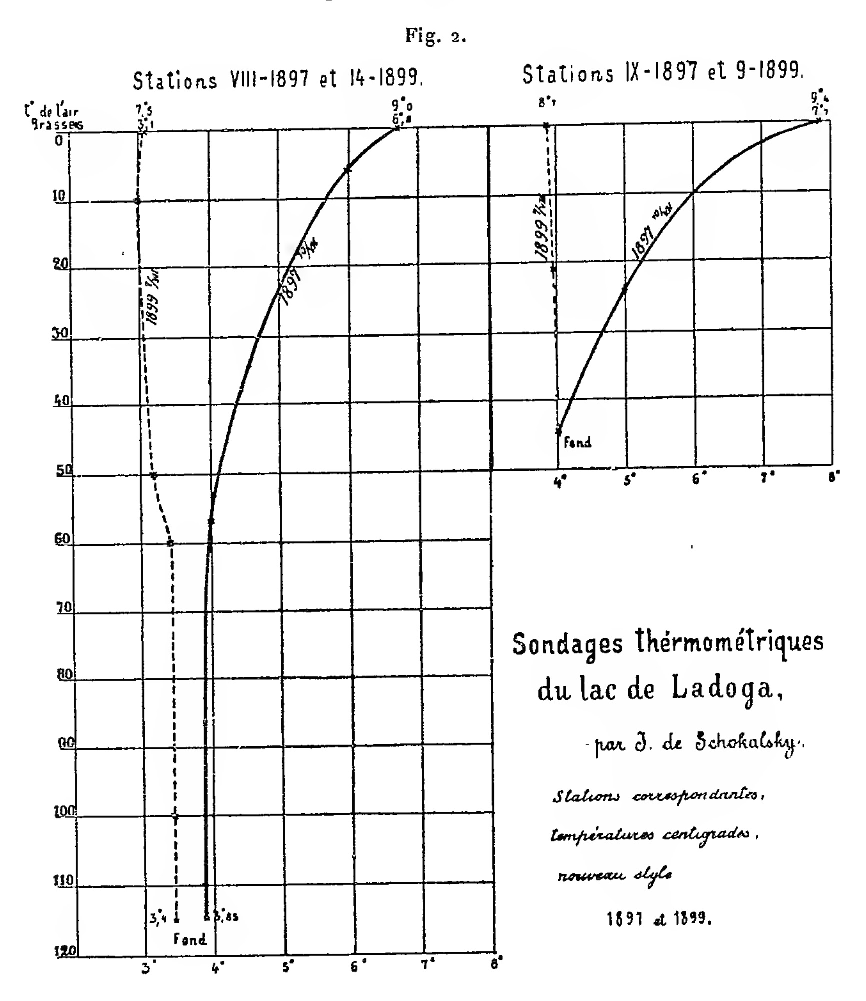
Fig. 1.

Géographie, sur ma proposition, a décidé de commencer les études et, grâce au bienveillant accueil du Service hydrographique et du Ministère des Voies et Communications qui ont donné, l'un, les instruments, l'autre, l'usage d'un petit vapeur, sans lequel il eût été impossible de faire les travaux, j'ai pu faire deux voyages sur le lac, tous les deux presque à la même époque de l'année, dans la première moitié de juillet.

» Les températures profondes ont été mesurées avec des thermomètres Negretti et Zambra vérifiés à zéro.

» Le relief du fond du lac est tel que la profondeur augmente régulièrement du sud au nord, les plus grands fonds se trouvant dans la partie

Fig. 2.



nord-ouest (120 brasses = 219^{m}). Sur la Carte on voit deux lignes brisées, l'une pleine, l'autre au trait, qui indiquent les courses que j'y ai faites. Les stations où ont été pris des sondages thermométriques sont marquées par un chiffre; en 1897, il y en a eu 14 et, en 1899, 20, soit en tout 34, dont quelques-uns coïncident, comme on le voit sur le graphique qui accompagne ce résumé.

» En 1897, le fait principal que j'ai constaté a été le suivant : à toutes

les stations, j'ai trouvé que la stratification thermique était *directe*. Les températures des eaux de surface et des couches basses, à des profondeurs identiques, étaient différentes au sud et au nord du lac. Au sud, à la surface, les eaux étaient relativement chaudes (en juillet): 13°,1 C., 11°,3 C., mais, à mesure qu'on remontait au nord, leur température s'abaissait; au milieu du lac, elle était de 10°,7 C., et, dans la partie la plus profonde, de 6°,8 C. Au sud, les couches abyssales, dans les bas-fonds, avaient une température assez élevée (à 10^m, 11° C.); au nord, à la IXe station, à 45 brasses (82^m), j'ai trouvé la température de 4°,0 C., et, à la VIIIe station, depuis 50 brasses (91^m) jusqu'au fond, à 120 brasses (219^m), cette température est restée presque constante; au fond elle était 3°,9 C.

» On serait tenté de supposer que ces températures des eaux de surface et des couches profondes, trouvées au mois de juillet de 1897, sont déjà basses pour la période si proche du mois d'août, où elles atteignent leur maximum de l'année. Mais, en 1899, je les ai trouvées encore moindres, surtout dans la partie nord du lac, qui est la plus profonde; les deux stations portées sur le graphique le montrent clairement.

» Mais, ce qui est surtout intéressant, c'est que la stratification thermique en juillet 1899, à toutes les stations profondes du nord du lac, était nettement *inverse*, tandis que l'on devait s'attendre à ce que, dans le Ladoga, qui appartient, selon la classification de M. le professeur F.-A. Forel, au type des lacs tempérés, la stratification inverse prît fin au commencement de l'été.

» Les divergences entre les résultats des deux années ont leur cause dans les différences des températures de l'atmosphère des contrées avoisinantes pendant le printemps des années 1897 et 1899. Si nous notons la température des mois d'avril, mai et juin de ces deux années, et si nous les comparons avec les normales que nous donne le nouvel *Atlas climatologique de la Russie*, édité par l'Observatoire physique central, nous trouverons que les températures de l'atmosphère pendant ces trois mois à sept stations, distribuées tout autour du lac, étaient en 1897 beaucoup plus hautes que les normales et plus basses qu'elles en 1899. D'après le *Bulletin mensuel météorologique*, toute la partie nord-ouest de la Russie, en 1897, a joui de températures plus hautes que la normale; les écarts atteignaient au mois de mai 8°-11° C.; à Saint-Pétersbourg, la moyenne mensuelle a été la plus haute qui ait été observée pendant 150 ans; il en a été de même à Arkhangelsk d'après une série d'observations de 80 ans.

» En 1899, le printemps et le commencement de l'été furent au con-

traire, dans la partie nord-ouest de la Russie, plus froids que d'ordinaire; au mois de mai, il y a eu des journées avec un écart de 5° à 8° C., et, pendant 21 jours *consécutifs*, la température a été au-dessous de la normale.

» D'après ces données, on peut supposer que le lac Ladoga, qui appartient sans contredit au type des lacs tempérés, selon la classification de M. le professeur F.-A. Forel, est placé, dans cette série, très près de la ligne qui sépare ce type de celui des lacs polaires, ayant toujours une stratification thermique inverse.

» La couche où se produit le saut thermique dû à la variation diurne de la température des couches superficielles était située plus profondément en 1897 qu'en 1899. Cela s'explique très bien par le fait qu'en 1897 toute la masse des eaux du lac était beaucoup plus chaude qu'en 1899. »

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur une ascension aérostatique effectuée le 17 juin 1900.* Note de M. **Genty**, présentée par M. L. Cailletet.

« L'ascension a eu lieu avec le ballon le *Saint-Louis*, de 2550^{mc}, gonflé au gaz d'éclairage. Le ballon était conduit par son propriétaire, M. J. Balsan, ayant pour second M. L. Godard; ces messieurs avaient bien voulu m'offrir une place dans leur nacelle.

» Le départ a eu lieu à $4^h 45^m$ de l'après-midi, à Vincennes, à l'occasion du premier Concours d'aérostation de l'Exposition universelle. Nous emportons 435^{kg} de lest disponible et, en sus, 200^{kg} de lest dans des sacs scellés; le ballon est en effet handicapé, comme faisant partie d'un concours de durée pour l'ascension de ballons libres.

» Le vent est faible, de 12^{km} à 15^{km} à l'heure. Sa direction oscille entre NNO et NNE. Au bout de quelques minutes, l'aérostat atteint 500^m, sa première zone d'équilibre. Le temps est légèrement brumeux, les dépenses de lest pour se maintenir en navigation normale sont assez fortes, aussi profite-t-on de la première tendance du ballon à descendre pour régler cette descente et naviguer au guide-rope, à une centaine de mètres au-dessus du sol. C'est dans ces conditions que nous voyons arriver la nuit vers $7^h 30^m$; nous sommes à ce moment au-dessus de Milly (Seine-et-Marne), marchant au sud-ouest avec une vitesse d'environ 18^{km}. Dans la crainte de rencontrer un village ou d'endommager les cultures, on jette du lest de manière à soulever le guide-rope au-dessus du sol et le ballon navigue à une altitude de 400^m.

» A 8^h du soir, l'horizon commence à se charger de nuages ; à partir de ce moment, à cause de l'obscurité, nous ignorons à peu près complètement où nous sommes. La boussole nous permet cependant de voir que nous continuons notre route entre sud et ouest; à 10^h, le temps est devenu menaçant, nous sommes entourés d'orages qui grondent sur tous les points de l'horizon. En l'absence de tout éclairage artificiel, la lecture du baromètre devient difficile.

» A ce moment, nous jugeons dangereux de nous maintenir à une altitude où les phénomènes électriques se manifestent d'une manière si intense, et nous préférons revenir à la navigation au guide-rope.

» Pendant six heures consécutives, de 10^h du soir à 4^h du matin, nous ne cessons pas de naviguer au milieu d'orages dont le ballon semble être devenu le jouet, tantôt attiré avec une grande vitesse, tantôt restant complètement immobile, pendant que le tonnerre ne cesse de gronder et les éclairs de nous éblouir. A 1^h15^m le ballon est pris dans un tourbillon ascendant, il monte brusquement dans la région des nuages jusqu'à 1000^m. La lumière des éclairs me permet heureusement de reconnaître ce mouvement sur le baromètre, alors que les fragments de papier jetés par-dessus bord semblent au contraire indiquer un mouvement descendant du ballon.

» Trois coups de soupape sont donnés pour venir reprendre contact avec le sol. Le spectacle est certes très impressionnant et, pour ma part, il me tarde de voir arriver le jour.

» Vers 3^h du matin, après une légère accalmie, l'orage reprend plus intense encore, et les coups de tonnerre succédant immédiatement à l'éclair surprennent par leur intensité et la détonation sèche qu'ils produisent.

» L'orage se termine vers 4^h du matin par trois coups de tonnerre violents et nous éprouvons alors une impression physique désagréable, car nos cheveux et notre barbe semblent se hérisser douloureusement.

» Bientôt l'orage cesse, le soleil paraît, et nous pouvons reprendre sans crainte notre navigation normale jusqu'à complet épuisement de lest. Après être monté jusqu'à 3900^m, température $+1°$, nous atterrissons le lundi matin à 10^h45^m à Boussac (Creuse). »

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur un halo extraordinaire observé le* 22 *juin* 1900. Note de M. **Joseph Jaubert**, présentée par M. Mascart.

« Le 22 juin 1900, à $18^h 45^m$, à l'observatoire de Montsouris, MM. Besson et Dutheil ont vu un arc irisé à l'intérieur du halo ordinaire de 22° de rayon, dont la moitié supérieure était alors visible.

» Cet arc paraissait appartenir à une circonférence ayant pour centre le Soleil et représentait à peu près les $\frac{3}{8}$ de cette circonférence (quadrant supérieur droit et demi-quadrant supérieur gauche). Les deux observateurs ont fait, simultanément et sans se communiquer leurs impressions, deux dessins qui se trouvent concordants : d'après l'un de ces dessins, le rayon du halo extraordinaire serait de 17°; d'après l'autre, il serait de 17°,5. La durée du phénomène a été de dix minutes environ.

» De 18^h au coucher du Soleil, on a observé en outre : les deux parhélies ordinaires vivement colorés, le sommet du halo de 22° couronné d'une houppe de lumière blanche, le halo de 46° de rayon, dont toute la moitié supérieure était visible à $18^h 20^m$, et enfin une colonne lumineuse qui était déjà perceptible à 19^h et qui a acquis, à $19^h 30^m$, une longueur de près de 20°; elle a disparu avant le coucher du Soleil, par suite de l'épaississement et de l'altération de la nappe de cirro-stratus qui lui donnait naissance.

» Mouvement des cirrus à 18^h : direction W; rapport de la hauteur en mètres à la vitesse en mètres par seconde, 313. »

A 4 heures et demie l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 5 heures.

M. B.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans la séance du 18 juin 1900.

(*Suite.*)

The Canadian patent Office record and register of copyrights and trade marks. Vol. XXVII : *Annual Index;* vol. XXVIII, n° 3. Ottawa, 1900; 1 fasc. et 1 vol. petit in-4°.

Transactions of the South African philosophical Society; vol. XI, part 1, 1900. Cape Town, 1900; 1 fasc. in-8°.

Sitzungsberichte der matematisch-physikalischen Classe der k. b. Akademie der Wissenschaften zu München, 1900. Heft I. München; 1 fasc. in-8°.

The agricultural Gazette of New South Wales. Vol. XI, part 5, May 1900. Sidney; 1 fasc. in-8°.

Annales de la Société royale malacologique de Belgique; t. XXXI, fasc. 2; t. XXXIII. Bruxelles, 1899; 1 fasc. et 1 vol. in-8°.

Bulletin de la Société belge de Géologie, de Paléontologie et d'Hydrologie; t. XIII, fasc. 1, et t. XIV, fasc. 1. Bruxelles, Hayez, 1900; 2 fasc. in-8°.

Annales de la Société géologique de Belgique; t. XXVI, 4e livraison. Liége, 1899-1900; 1 fasc. in-8°.

Einrichtungsgegenstände des physikalischen Lehr- und Vorbereitungszimers. Chemische und chemisch-technische Wagen und Gewichtssätze. Projektions-apparate mit Zubehör. Preisliste nos 12 (1, 2, 3), Max Kohl, Chemnitz i. S.; 3 fasc. in-4°.

Australien, Oceanien, Philippinen, Sunda-Inseln Entdeckungsgeschichte, Geographie, Reisen, Ethnographie, Naturwissenschaften Geschichte, Handel, Sprachen. Katalog 242. Leipzig, Karl-W. Hiersemann, 1900; 1 fasc. in-12.

Ouvrages reçus dans la séance du 25 juin 1900.

Fondation R. Bischoffsheim. Annales de l'observatoire de Nice, publiées sous les auspices de l'Université de Paris, par M. Perrotin, Correspondant de l'Institut, Directeur; t. VII. Paris, Gauthier-Villars, 1900; 1 vol. in-4°. (Présenté par M. Mascart.)

Archives de Médecine et de Chirurgie spéciales, publiées par le Dr SUAREZ DE MENDOZA. 1re année, n° 1, juin 1900. Paris; 1 fasc. in-8°.

Memoirs presented to the Cambridge philosophical Society, on the occasion of the jubilee of sir George-Gabriel Stokes. Cambridge, 1900; 1 vol. in-4°.

Sulle grandi protuberanze solari; nota di UMBERTO MAZZARELLA. (Estr. dalle *Memorie della Societa degli Spettroscopisti italiani*, vol. XXIX, 1900.) 1 fasc. in-4°.

Sulle variazioni della rifrazione atmosferica; nota di G. SAIJA. (Estr. *id.*, vol. XXVIII, 1899); 1 fasc. in-4°.

Sul periodo eruttivo dell' Etna dal 19 *luglio al* 5 *agosto* 1899; nota di S. ARCIDIACONO. (Estr. dagli *Atti dell' Accademia Giœnia di Scienze naturali in Catania*, vol. XIII, 4e série); 1 fasc. in-4°.

L'esplosione centrale dell' Etna del 19 *luglio* 1899, SALVATORE ARCIDIACONO. In Modena, 1899; 1 fasc. in-8°.

Terremoto Etneo del 14 *maggio* 1898, ANNIBALE RICCO. In Modena, 1900; 1 fasc. in-8°.

Riassunto della sismographia del terremoto del 16 *novembre* 1894 *in Calabria e Sicilia*, A. RICCO. In Modena, 1900; 1 fasc. in-8°.

Il cratere dell' Etna dopo l'esplosione del 19 *e* 25 *luglio* 1899, A. MASCARI. In Modena; 1 fasc. in-8°.

Notizie storiche e discrittive dei RR. osservatorii di Catania e dell' Etna fino a tutto il 1899. Catania, tipo. Francesco Galati, 1900; 1 fasc. in-8°.

Bollettino sismografico dell' osservatorio di Quarto (Firenze). Spoglio delle osservazioni sismiche dal 1 *novembre* 1898 *al* 31 *ottobre* 1899 (*anno meteorico*, 1899); 1 fasc. in-8°.

A word about Zeglen's bullet proof fabric, CASIMIR ZEGLEN. Chicago, Ill.; 1 fasc. in-8°.

The proceedings and transactions of the Nova Scotian Institute of Science; vol. X, part 1. Halifax, 1899; 1 fasc. in-8°.

Technology Quarterly and proceedings of the Society of Arts, edited by ROBERT-P. BIGELOW; vol. XIII, n° 1. Boston, Mass.; 1 fasc. in-8°.

Royal Gardens, Kew. Bulletin of miscellaneous information; Appendix III, 1900. London; 1 fasc. in-8°.

New York Academy of Sciences. Memoirs, vol. II, part 1, 1899. New York, s. d.; 1 fasc. in-4°.

Anuario de la Real Academia de Ciencias exactas, fisicas y naturales, 1900. Madrid; 1 vol. in-24.

Académie serbe. Mémoires, XXXV, XXXVII. Belgrade, 1900; 2 fasc. in-4°.

Académie serbe. Bulletin, LVIII. Belgrade, 1900; 1 fasc. in-8°.

ERRATA.

(Séance du 18 juin 1900.)

Note de M. *Berthelot,* Sur la formation de l'acide azotique dans la combustion de l'hydrogène :

Page 1665, ligne 2 en remontant, *au lieu de* 46 : 1, *lisez* 66 : 1.
Page 1670, ligne 20, *au lieu de* atomes égaux, *lisez* rapport atomique 2 : 1.

FIN DU TOME CENT TRENTIÈME.

COMPTES RENDUS

DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

TABLES ALPHABÉTIQUES.

JANVIER — JUIN 1900.

TABLE DES MATIÈRES DU TOME CXXX.

A

B

C

D

E

F

G

H

I

L

M

N

O

P

R

S

T

U

V

Z

TABLE DES AUTEURS.

A

B

D

E

F

G

H

K

L

M

R

S

T

V

W

Z

GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE DES COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.
28161 Paris. — Quai des Grands-Augustins, 55.